

3100096008068

**TUGAS AKHIR**

**NE 1701**

# **ANALISA TEGANGAN DAN DEFLEKSI CAMSHAFT MOTOR DIESEL DAIHATSU TYPE DG**



RSka  
623.872 36  
War  
a-1  
1995

PERPUSTAKAAN  
24 AUG 1995  
H  
5513

Disusun oleh :

**W A R Y O N O**

**NRP. 4914200283**

**JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
S U R A B A Y A  
1995**

# **ANALISA TEGANGAN DAN DEFLEKSI CAMSHAFT MOTOR DIESEL DAIHATSU TYPE DG**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
P a d a  
Jurusan Teknik Permesinan Kapal  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a**

**Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing**



**Ir. INDRAJAYA GERIANTO, M.Sc.**

**SURABAYA  
MARET, 1995**

### ABSTRAK

Putaran Camshaft akan selalu diiringi oleh dinamika gaya-gaya yang mengenainya. Gaya - gaya ini oleh adanya lengan di cam akan menimbulkan torsi. Torsi inilah yang akan menentukan besarnya tegangan dan defleksi dari camshaft itu sendiri. Secara global gaya - gaya yang bekerja adalah banyak sekali. Tetapi untuk bahasan ini hanya empat macam gaya yang diperhitungkan, yaitu gaya kekakuan pegas, gaya inersia mekanisme cam, gaya tekanan ruang bakar, dan gaya dari hubungan dengan idler gear.

Peranan dimensi cam dalam analisa ini adalah sangat besar, karena hampir semua gaya yang bekerja pada camshaft dipengaruhi oleh dimensi camnya. Oleh karena itu perencanaan cam yang baik selalu memperhatikan besar gaya yang ditimbulkan oleh dimensi cam. Perencanaan cam dengan flank berbentuk busur, relatif mudah untuk memprediksi besarnya gaya yang bekerja.

Analisa tegangan dan defleksi camshaft didasarkan pada penjumlahan torsi yang bekerja pada masing-masing cam. Karena pada setiap sudut putar cam selalu dihasilkan torsi yang berbeda, maka analisa ini perlu dilakukan pada setiap sudut putar. Tegangan geser dicari pada torsi maksimum, dan ini digunakan untuk menentukan kelayakan material yang digunakan. Sedangkan defleksi dicari pada torsi rata-rata dan ini digunakan untuk menentukan kelayakan pakai.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Swt yang telah memberikan karunia untuk menyelesaikan Tugas Akhir (NE 1701) ini. Segala kemampuan telah penulis curahkan untuk memberikan yang terbaik. Tetapi menyadari keterbatasan kemampuan penulis, maka kemungkinan masih banyak kekurangan-kekurangan. Karena itulah penulis berharap adanya masukan-masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Tidak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Ir. Indrajaaya Gerianto, MSc. selaku Dosen Pembimbing/Dosen wali Tugas Akhir.
- Bapak Ir. S. Tondohartono, selaku Dekan FTK-ITS.
- Bapak Ir. M. Orianto, BSc., MSc., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal FTK -ITS.
- Bapak Ir. I Wayan Lingga Indaya, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Permesinan Kapal FTK - ITS.
- Bapak Ir. M.Arief, Staf Puspitek BBI Surabaya.

Kekan-rekan dan semua pihak yang tidak mungkin kami sebutkan satu per satu, yang telah banyak membantu kelancaran dalam pembuatan Tugas akhir ini.

Harapan kami karya ini bisa bermanfaat semua bagi pihak. Akhirnya penulis mohon maaf atas segala kekurangan.

Surabaya, 20 Maret 1995

Penulis

DAFTAR ISI

	HAB
ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG .....	I - 1
1.2 TUJUAN PENULISAN .....	I - 3
1.3 BATASAN MASALAH .....	I - 4
1.4 METODE PENULISAN .....	I - 4
BAB II SEBUAH TINJAUAN TENTANG METODE ELEMEN HINGGA	
2.1 Elastisitas sebuah batang .....	II - 1
2.2 Gabungan Elemen Batang .....	II - 3
2.3 Poros Sederhana .....	II - 5
2.4 Metode Decomposisi L-U .....	II - 7
BAB III GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA CAMSHAFT	
3.1 Gaya Kekakuan Pegas .....	III - 1
3.2 Gaya tekanan di ruang bakar .....	III - 2
3.3 Gaya inersia .....	III - 3
3.4 Gaya pasangan camshaft gear dengan idler gear .....	III - 7

---

BAB IV CAMSHAFT

- 4.1 Firing Order .....IV - 1
- 4.2 Dimensi Camshaft .....IV - 3

BAB V ANALISA PERMASALAHAN

- 5.1 Flank Berbetuk Busur .....V - 4
- 5.2 Perhitungan Lift dan Lengan Torsi .....V - 10
- 5.3 Perhitungan Torsi Akibat Pegas .....V - 15
- 5.4 Perhitungan Torsi Akibat Inersia Mekanisme .V - 17
- 5.5 Perhitungan Torsi Akibat Tekanan Ruang  
Bakar ..... V - 21
- 5.6 Torsi Akibat Hubungan dengan Gear .....V - 22
- 5.7 Matrik Kekakuan Poros .....V - 22
- 5.8 Langkah Pengerjaan .....V - 27

BAB VI KESIMPULAN

Daftar Pustaka

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Program 1
2. Lampiran Program 2
3. Lampiran kekakuan matrik camshaft
4. Lampiran Perhitungan Momen Inersia Rocker Arm
5. Lampiran Perhitungan Torsi
6. Lampiran Dimensi Camshaft
7. Lampiran Spesifikasi Motor Diesel Daihatsu Type DG



## DAFTAR NOTASI

---

A	: Luas penampang suatu elemen ( $\text{mm}^2$ )
a	: Lengan kanan rocker arm, 30mm
b	: Lengan kiri rocker arm, 41 mm
D	: Diameter lilitan efektif pegas, 30 mm
d	: Diameter kawat pegas, 4 mm
di	: diameter valve inlet (mm)
do	: diameter valve outlet (mm)
$e_{fl}$	: Jarak pusat base circle ke pusat busur flank
$e_n$	: Jarak pusat base circle ke pusat busur nose
E	: Modulus Elastisitas
Ek	: Energi kinetik (Joule)
F	: Gaya yang bekerja pada suatu elemen secara axial (kg)
Fp	: Gaya yang bekerja pada cam karena tekanan ruang bakar (kg)
Fs	: Gaya yang bekerja pada cam karena kekakuan pegas (kg)
Ft	: Gaya yang bekerja pada cam karena inersia mekanisme (kg)
G	: Modulus geser bahan ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
J	: Momen inersia melintang suatu bahan ( $\text{kg mm}^2$ )
k	: kekakuan suatu elemen
[K]	: Matrik kekakuan
L	: Panjang suatu elemen (mm)
l	: Jarak horisontal pusat base circle ke titik kontak follower dengan cam atau lengan dari torsi (mm)

---

---

$I_o$  : momen inersia rocker arm.  $549510.42 \text{ gr mm}^2$   
 $m_f$  : masa follower (kg)  
 $M_{eff}$  : Massa efektif mekanisme katub (kg)  
 $m_k$  : masa valve (kg)  
 $n$  : jumlah lilitan aktif pegas  
 $p_i$  : Tekanan saat udara masuk di ruang bakar ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $p_o$  : Tekanan saat gas buang keluar dari ruang bakar ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $r_b$  : Jari-jari base circle (mm)  
 $r_n$  : Jari-jari nose (mm)  
 $r_{fl}$  : Jari-jari kurva flank (Radius of flank curvature)(mm)  
 $T$  : Torsi (kg mm)  
[T] : Matrik torsi  
 $U$  : Regangan axial  
 $v$  : Kecepatan linear suatu benda (m/dt)  
 $x$  : displasmen pegas (mm)  
[X] : Matrik defleksi  
 $y$  : Lift follower, (mm)  
 $\dot{y}$  : Kecepatan linear follower (mm/dt)  
 $\ddot{y}$  : Percepatan follower ( $\text{m/dt}^2$ )  
 $\delta$  : Displasmen statis pegas, 2mm  
 $\phi$  : Sudut sekitar base circle  
 $\theta$  : Sudut sekitar nose  
 $\gamma$  : Sudut putar cam  
 $\rho$  : Jari-jari poros (letak titik yang akan ditinjau tegangannya).  
 $\omega$  : Kecepatan angular (rad/dt)

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa mesin diesel, camshaftnya merupakan poros bulat lurus, dan cam merupakan potongan yang terpisah, yang dipasakkan ke poros. Tetapi dalam mesin diesel modern pada umumnya cam dan poros ditempa atau dicor dalam satu potongan. Dalam beberapa mesin besar poros cam tersebut dari dua potongan atau lebih, yang dibaut menjadi satu oleh flen dengan lobang yang dipaskan untuk menjamin pengaturan waktu yang tepat.

Umumnya camshaft terbuat dari baja tempa, yaitu dari baja paduan khrom nikel, dan camshaft yang besar seringkali dibor berongga. Camnya biasanya dikeraskan permukaannya, ini untuk menjamin kekuatan dari cam itu sendiri dalam menerima gaya-gaya, agar tidak terjadi defleksi dan tidak mudah mengalami keausan.

Cam sendiri akan berputar dan umumnya digunakan untuk membuka dan menutup katup-katup pemasukkan udara dan

pembuangan gas hasil pembakaran melalui transmisi batang dorong dan lengan ayun ( rocker arm ).

Camshaft merupakan elemen yang terbuat dari material yang mempunyai kekakuan. Secara mekanika sederhana suatu material yang mempunyai kekakuan apabila menerima tegangan atau gaya maka akan timbul defleksi (betapapun kecilnya),

Defleksi dari material suatu elemen mesin biasanya mempunyai toleransi tertentu. Oleh karena itu apabila defleksi melebihi dari harga toleransi maka harus diadakan perbaikan, baik itu pengurangan gaya yang bekerja atau dengan mengganti material.

Pengaruh yang nyata dari camshaft apabila terjadi defleksi yang besar adalah akan mempengaruhi waktu (timing) dari pemasukkan udara atau pembuangan exhaust gas. Sehingga secara keseluruhan akan mempengaruhi proses pembakaran itu sendiri dan akan mempengaruhi performansi mesin.

Oleh karena itulah analisa tegangan dan defleksi dari camshaft pada mesin diesel ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar defleksi dan tegangan yang ditimbulkan oleh gaya-gaya yang bekerja kepadanya.

Karena beban yang diterima oleh camshaft adalah kontinyu selama berputar, maka sangat perlu analisa defleksi

juga diamati pada berbagai sudut putar. Selanjutnya sangat baik sekali apabila dapat dilaporkan grafik defleksi pada masing-masing sudut analisa.

## 1.2 Tujuan Penulisan

Gaya-gaya yang bekerja pada camshaft dapat mempengaruhi kerusakan camshaft tersebut. Hal ini disebabkan gaya-gaya tersebut dapat menimbulkan defleksi dan tegangan.

Selanjutnya dengan menggunakan analisa, besarnya tegangan dan defleksi dapat dihitung. Besarnya defleksi dan tegangan inilah nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan apakah camshaft tersebut layak atau tidak digunakan dalam mesin tersebut.

Perencanaan cam yang baik selalu memperhatikan pengaruh yang akan ditimbulkan. Dalam hal ini cam dengan flank berbentuk busur diharapkan dapat memberikan alternatif perencanaan.

Dengan demikian tujuan dari penulisan tugas akhir ini dapat dirumuskan, pertama adalah memberikan alternatif metode perhitungan tegangan dan defleksi camshaft yang mungkin dapat dibandingkan dengan metode lainnya. Kedua adalah memberikan sumbangan tentang perencanaan cam dengan

flank berbentuk busur.

### 1.3 Batasan masalah

Gaya-gaya yang bekerja pada camshaft adalah sangat banyak. Tetapi dalam suatu analisa biasanya hanya gaya-gaya yang mempunyai pengaruh besar terhadap camshaft sajalah yang diperhitungkan. Gaya-gaya tersebut meliputi gaya kekakuan pegas, gaya tekan di ruang bakar, gaya inersia, gaya pasangan camshaft gear dengan idler gear. Semua gaya ini hanya dihitung relatif terhadap sumbu vertikal follower.

Dalam hal ini camshaft yang dianalisa adalah MOTOR DIESEL DAIHATSU TYPE DG, dimana mempunyai delapan cam. Dimensi dari masing-masing cam adalah sama. Pendekatan persamaan lift dan lengan adalah menggunakan teori "cam dengan flank berbentuk busur".

Kontak follower dengan cam pada sudut tertentu akan menimbulkan lengan. Sehingga besarnya torsi sama dengan perkalian gaya-gaya tadi dengan lengan ini, karena itu besarnya torsi merupakan fungsi dari putaran cam. Resultan torsi adalah merupakan penjumlahan torsi-torsi di setiap cam.

Untuk perhitungan defleksi, diselesaikan dengan elemen

hingga metode langsung, dengan membagi elemen poros menjadi sebelas elemen.

#### 1.4 Metode Penyelesaian

Metode penyelesaian yang digunakan dalam pengerjaan ini adalah dengan menggunakan metode elemen hingga, yaitu dengan memandang camshaft sebagai rangkaian dari beberapa poros yang sederhana, dan pembebanan yang terjadi adalah momen puntir yang disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja kepadanya. Kondisi momen puntir diambil pada salah satu sudut dimana pembebanan yang terjadi adalah maksimum. Kelayakan dari poros ini ditentukan dengan teori elemen mesin, yaitu syarat maksimum suatu poros terjadi defleksi.

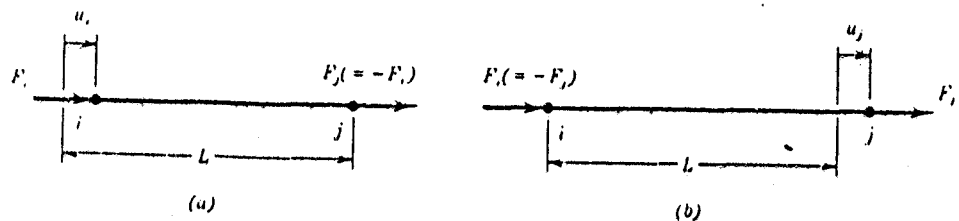
## BAB II

## SEBUAH TINJAUAN TENTANG METODE ELEMEN HINGGA

## 2.1 Elastisitas sebuah batang

Sebuah batang yang diabaikan masanya dan mempunyai panjang  $L$ , modulus elastisitas  $E$  dan luas penampang melintang  $A$ . Dalam analisa ini kita asumsikan gaya-gaya yang bekerja adalah hanya terjadi pada ujung-ujungnya saja, yaitu gaya axial. Oleh karena itu maka displasmen yang terjadi tentunya hanyalah secara axial saja.

Displasmen yang ditimbulkan merupakan reaksi dari gaya-gaya yang bekerja, yaitu  $u_i$  dan  $u_j$  (gambar 1). Untuk ini selanjutnya kita sebut sebagai derajat kebebasan.



Gambar 1 : batang unifom yang mendapat gaya pada kedua ujungnya.



Sekarang kita tetapkan bahwa gaya dan displasmen yang bekerja ke kanan adalah positif dan sebaliknya gaya dan yang bekerja ke kiri adalah negatif. Maka terlihat pada gambar 1.a  $u > 0$  sedangkan  $w = 0$ . Maka gaya yang bekerja  $F_i$  akan dilawan oleh gaya  $F_j$  yang besarnya sama dengan  $-F_i$ . Sehingga:

$$F_i = \frac{AE}{L} u \quad \text{dan} \quad F_j = -\frac{AE}{L} u \quad (2.1.1)$$

Demikian juga untuk gambar 1.b  $u = 0$  dan  $w > 0$  akan terjadi:

$$F_i = -\frac{AE}{L} w \quad \text{dan} \quad F_j = \frac{AE}{L} w \quad (2.1.2)$$

Seringkali kita jumpai bahwa  $u$  dan  $w$  tidak sama dengan nol, oleh karena itu maka akan kita dapatkan harga :

$$F_i = \frac{AE}{L} (u - w) \quad (2.1.3)$$

$$F_j = \frac{AE}{L} (-u + w) \quad (2.1.4)$$

Apabila kedua kita bentuk dalam matrik maka kita dapatkan :

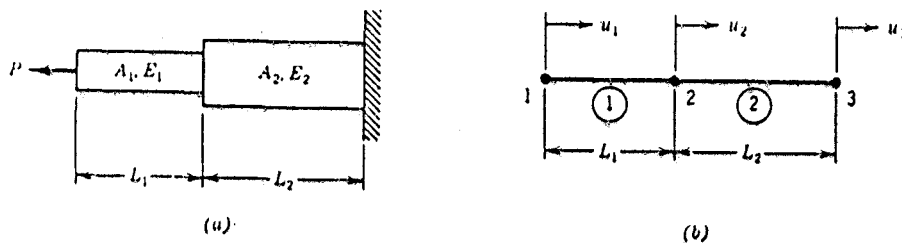
$$\begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & -\frac{AE}{L} \\ -\frac{AE}{L} & \frac{AE}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_i \\ F_j \end{bmatrix}$$

Sedangkan bila  $k = \frac{AE}{L}$  maka matrik ini akan menjadi :

$$\begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ u_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_i \\ F_j \end{bmatrix}$$

Matrik  $\begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix}$  ini umumnya dalam metode elemen hingga disebut sebagai matrik kekakuan  $[k]$ .

## 2.2 Gabungan Elemen Batang



Gambar 2 : beban axial pada dua elemen batang.

Kenyataan yang paling sering kita jumpai untuk permasalahan yang sebenarnya adalah merupakan rangkaian dari berbagai macam elemen yang mempunyai kekakuan berbeda pada masing-masing elemennya. Seperti pada gambar diatas kita

lihat bahwa  $A_1 \neq A_2$  dan bila  $E_1 \neq E_2$  maka  $k_1 \neq k_2$ .

Telah kita ketahui sebuah batang yang mempunyai derajat kebebasan  $u$  dan  $u_j$  mempunyai kekakuan  $[k]$ . Demikian juga pada masing-masing batang persoalan ini, matrik kekakuan yang dipunyai adalah  $[k_1]$  dan  $[k_2]$ . Apabila kita tinjau kekakuan pada masing-masing batang dengan menganggap batang lain adalah diam, maka:

$$\begin{array}{ccc} u_1 & u_2 & u_3 \\ \left[ \begin{array}{ccc} k_1 & -k_1 & 0 \\ -k_1 & k_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{array}$$

Elemen 1

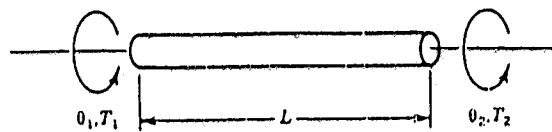
$$\begin{array}{ccc} u_1 & u_2 & u_3 \\ \left[ \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & -k_2 \\ 0 & -k_2 & k_2 \end{array} \right] \end{array}$$

Elemen 2

Untuk membuat matrik kekakuan dari rangkaian elemen gambar diatas maka kita dapat menjumlahkan matrik elemen-elemen ini. Oleh karena itu kita dapatkan matrik kekakuan:

$$\begin{array}{ccc} u_1 & u_2 & u_3 \\ \left[ \begin{array}{ccc} k_1 & -k_1 & 0 \\ -k_1 & k_1+k_2 & -k_2 \\ 0 & -k_2 & k_2 \end{array} \right] \end{array}$$

### 2.3 Poros Sederhana



Gambar 3 : Poros sederhana yang mendapat puntiran di kedua ujungnya.

Analogi dari poros sederhana ini terhadap batang tadi diatas adalah

$$T_1 \simeq F_i$$

$$\theta_1 \simeq u_i$$

$$T_2 \simeq F_j$$

$$\theta_2 \simeq u_j$$

$$\text{Apabila: } T = \frac{JG}{L} \theta \quad (2.3.1)$$

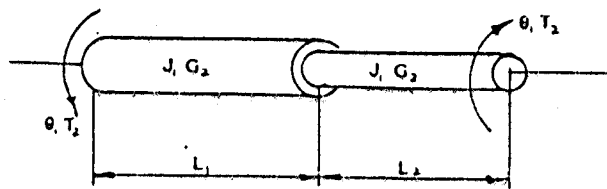
maka kekakuan untuk masalah ini dapat kita tuliskan sebagai  $k = \frac{JG}{L}$ . Untuk besarnya torsi dan displasmen sudut kita tetapkan besarnya positif sesuai dengan arah jarum jam (clock wise) sebaliknya untuk torsi dan displasmen sudut yang berlawanan arah jarum jam (contra clock wise) kita

tetapkan besarnya negatif. Dengan demikian untuk poros sederhana juga mempunyai matrik kekakuan

$$\begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix}$$

Sehingga untuk poros bersambung matrik kekakuannya adalah identik dengan matrik kekakuan pada rangkaian elemen batang di atas.

Tinjaulah gabungan poros dibawah ini:



Gambar 4 : gabungan poros yang mempunyai kekakuan berlainan.

$$[k] = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & 0 \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 \\ 0 & -k_2 & k_2 \end{bmatrix}$$

Untuk mencari harga displasmen rangkaian poros diatas kita dapat membuat persamaan matrik sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & 0 \\ -k_1 & k_1+k_2 & -k_2 \\ 0 & -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}$$

## 2.4 Metode Decomposisi L-U

Untuk menyelesaikan persamaan matrik diatas banyak sekali metode yang telah kita kenal, diantaranya metode inverse dan determinan matrik, metode Augmented, metode eliminasi Gauss dan metode Decomposisi L-U. Pada penyelesaian persamaan ini akan ditampilkan metode Decomposisi L-U. Metode ini memang tidak sepopuler metode eliminasi Gauss, tetapi sebenarnya untuk menyelesaikan suatu persamaan matrik metode ini tidak akan kalah tingkat presisinya.

Metode ini dikembangkan dengan cara membentuk dua buah matrik, yaitu matrik L (matrik segitiga bawah) dan matrik U (segitiga bawah) dari matrik kekakuan [k]. Pada matrik U semua nilai diagonal utama dibuat berharga satu. Diskripsi metode dekomposisi L-U ini adalah :

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} L_{11} & 0 & 0 \\ L_{21} & L_{22} & 0 \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & U_{12} & U_{13} \\ 0 & 1 & U_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 k & & L \qquad \qquad \qquad U
 \end{array}$$

Sehingga dari perkalian matrik diatas didapat :

$$\begin{array}{lll}
 k_{11} = L_{11} & , & k_{21} = L_{21} & k_{31} = L_{31} \\
 k_{12} = L_{11} \cdot U_{12} & k_{13} = L_{11} \cdot U_{13} & k_{14} = L_{11} \cdot U_{14} \\
 \text{dan seterusnya.}
 \end{array}$$

Untuk matrik ordo n didapatkan aturan umum sebagai berikut :

$$L_{ij} = a_{ij} - \sum_{k=1}^{j-i} L_{ik} \cdot U_{kj} \quad , \quad j \leq i, \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (2.4.1)$$

$$U_{ij} = \frac{a_{ij} - \sum_{k=1}^{j-i} L_{ik} \cdot U_{kj}}{L_{ii}} \quad , \quad j \leq i, \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (2.4.2)$$

khusus untuk :

$$j = 1 \quad \longrightarrow \quad L_{i1} = a_{i1} \quad (2.4.3)$$

$$i = 1 \quad \longrightarrow \quad U_{1j} = \frac{a_{1j}}{L_{11}} \quad (2.4.4)$$

Jika suatu kumpulan persamaan ditulis dalam bentuk  $kx=P$ , dengan metode dekomposisi L-U, dibentuk suatu vektor matrik  $P'$ , dengan aturan sebagai berikut :

$$P_1 = P_1/L_{11} \quad (2.4.5)$$

$$P_i = \frac{P_i - \sum_{k=1}^{i-1} L_{ik} \cdot P_k}{L_{ii}} \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (2.4.6)$$

Selanjutnya dibentuk augmented matrik  $[UP']$ , dengan nilai-nilai diagonal utama semuanya bernilai satu, misalnya:

$$\begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & P_1 \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & P_2 \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & P_3 \end{bmatrix}$$

• Untuk matrik ordo  $n$  dengan menggunakan substitusi mundur didapatkan:

$$x_n = P_n \quad (2.4.7)$$

$$x_i = P_i - \sum_{k=j+1}^n U_{ik} \cdot x_k \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (2.4.8)$$



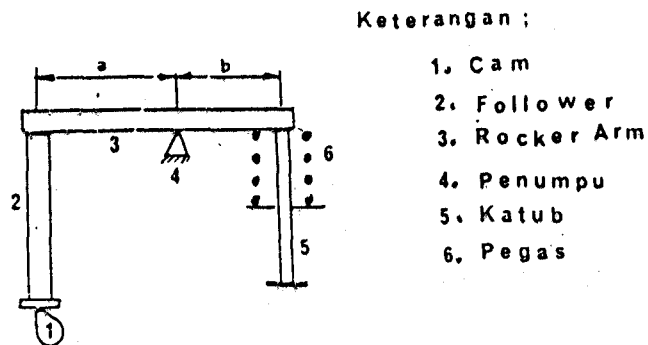
## BAB III

## GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA CAMSHAFT

Dalam suatu camshaft gaya-gaya yang bekerja meliputi :

1. Gaya kekakuan pegas
2. Gaya tekanan di ruang bakar
3. Gaya inersia
4. Gaya pasangan camshaft gear dengan idle gear

## 3.1 Gaya Kekakuan Pegas



Gambar 5 : Mekanisme cam

Dari gambar di atas gaya yang diakibatkan pegas pada masing-masing cam dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = k (x + \delta) \quad (\text{Sularso, 1983})$$

karena gaya yang bekerja ditinjau dari cam maka dengan keseimbangan momen, gaya di cam dapat diturunkan sebagai:

$$F_s = \frac{b}{s} k (x + \delta) \quad (3.1.1)$$

### 3.2 Gaya tekanan di ruang bakar

Gaya ini disebabkan adanya tekanan yang bekerja pada ruang bakar yang mengakibatkan tekanan tersebut bekerja ke seluruh ruangan termasuk juga permukaan valve.

Gaya-gaya ini meliputi :

- a. Gaya akibat pemasukkan bahan bakar.

Tekanan dalam suatu ruang akan diteruskan ke segala penjuru ruangan termasuk juga ke katub. Akibat dari tekanan ini katup akan memperoleh gaya. Sedangkan besarnya gaya yang diterima oleh suatu permukaan adalah sebesar:

$$F = \frac{p_i}{A} \quad (\text{Lichty, 1951})$$

karena gaya ini akan kita amati pengaruhnya dicam maka dengan keseimbangan momen harga gaya di cam dapat kita turunkan sebagai :

$$F_{pi} = \frac{b}{s} p_i \pi \frac{d_i^2}{4} \quad (3.2.1)$$

b. Gaya akibat pembuangan sisa pembakaran

$$F_{po} = \frac{b}{a} p_o \pi \frac{d_o^2}{4} \quad (3.2.2)$$

### 3.3 Gaya inersia

Gaya inersia yang bekerja pada camshaft adalah :

$$F_t = M_{eff} \ddot{y} \quad (3.3.1)$$

Masa Efektif Mekanisme

Adalah masa peyeteraan pada mekanisme cam di sepanjang sumbu follower. Yaitu seolah-olah masa mekanisme tersebut merupakan satu titik masa yang berada di sepanjang sumbu follower. Masa ini terdiri dari :

\* Masa unit follower

$M_f$  = masa pengikut cam + masa batang pengikut  
+ masa penyetel katub

\* Masa efektif Rocker Arm

Gerakan energi kinetik rocker arm adalah sebesar

$$E_k = \frac{1}{2} I_o \omega^2 \quad (FMIPA-ITS, 1989)$$

$\omega$  adalah kecepatan sudut rocker arm

Energi ini akan setara dengan energi kinetik yang ditimbulkan oleh masa  $M_a$  yang bekerja sepanjang sumbu follower dengan kecepatan  $v$ , sebesar

$$E_k = \frac{1}{2} M_a v^2 \quad (FMIPA-ITS, 1989)$$

maka

$$I_o \omega^2 = M_a v^2$$

hubungan  $v$  dengan  $\omega$  adalah sebagai  $v = \omega a$

$$I_o \omega^2 = M_a \omega^2 a^2$$

$$M_a = \frac{I_o}{a^2}$$

\* Masa efektif katub

Energi kinetik padagerakan katub adalah sebesar

$$E_k = \frac{1}{2} M_k v_k^2$$

Energi ini akan setara dengan energi kinetik yang ditimbulkan oleh masa  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  di sepanjang sumbu follower, sebesar

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Kecepatan  $\omega$  di pusat rocker arm adalah sebesar

$$\omega = v_k/b$$

atau

$$\omega = v/a$$

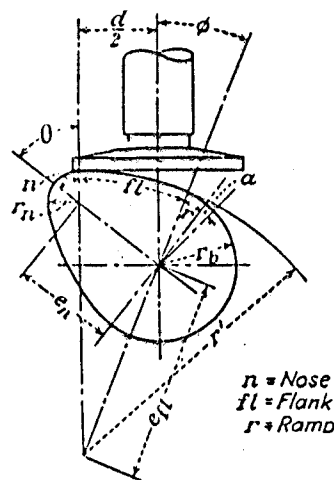
dengan demikian :

$$\begin{aligned}
 mk \, v_k^2 &= m \, v^2 \\
 mk \, \omega^2 b^2 &= m \, \omega^2 a^2 \\
 m &= b^2/a^2 \, mk
 \end{aligned}$$

maka

$$M_{eff} = m_f + \frac{I_o}{2g} + mk \left( \frac{b}{a} \right)^2 \quad (3.3.2)$$

Untuk mendapatkan percepatan follower maka dijabarkan gerak kinetiknya. Pada follower mengalami tiga periode gerak yang mempengaruhi gaya yang bekerja menjadi berlainan, yaitu



Gambar 6 : cam dinamik

3.3.1. Periode pertama, saat follower kontak dengan flank.

$$y = e_{fl} (1 - \cos \phi) \quad (3.3.3)$$

maka,

$$\begin{aligned}\dot{y} &= \text{kecepatan} = dy/dt = dy/d\phi \cdot d\phi/dt \\ &= e_n \sin \phi \cdot d\phi/dt\end{aligned}$$

apabila  $\omega = d\phi/dt$ , maka

$$\begin{aligned}\dot{y} &= e_n \omega \sin \phi \\ \ddot{y} &= d\dot{y}/dt = e_n \omega^2 \cos \phi\end{aligned}$$

3.3.2. Periode kedua, saat follower kontak dengan nose

$$y = e_n (1 - \cos \theta) \quad (3.3.4)$$

maka  $\dot{y} = dy/dt$

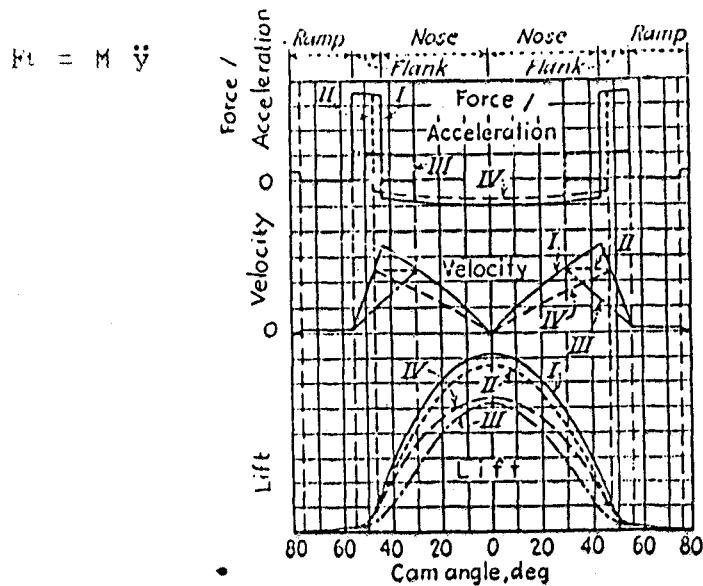
$$\begin{aligned}&= e_n \omega \sin \theta \\ \ddot{y} &= d\dot{y}/dt \\ &= e_n \omega^2 \cos \theta\end{aligned}$$

3.3.3 Periode ketiga, saat follower kontak dengan base circle

maka  $y = \text{konstan}$

$$\begin{aligned}\dot{y} &= 0 \\ \ddot{y} &= 0\end{aligned}$$

Grafik gaya pada salah satu cam dapat di gambarkan sebagai berikut :



Gambar 7 : Grafik gaya pada setiap sudut suatu cam

### 3.4 Gaya pasangan camshaft gear dengan idler gear

Akibat adanya pasangan camshaft gear dengan idler gear maka camshaft akan menerima gaya yang besarnya sama dengan gaya resultan yang bekerja pada poros dengan arah berlawanan. Jadi dalam hal ini hubungannya adalah merupakan gaya aksi dan reaksi.

Keempat gaya tersebut diatas akan bekerja secara simultan pada camshaft. Disamping itu juga gaya-gaya ini akan menimbulkan momen yang akan bekerja pada camshaft. Maka dari itulah besarnya gaya dan momen ini akan menentukan besarnya tegangan dan defleksi yang diderita oleh camshaft.

Untuk mengetahui besar gaya dan momen maka harus diperhatikan dulu dimensi daripada camshaft.

## BAB IV

### CAMSHAFT

#### 4.1 Firing Order

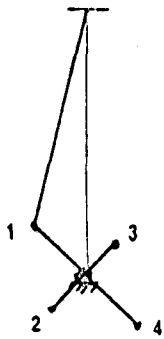
Firing Order (aturan penyalaan) yang telah direncanakan akan sangat menentukan sekali dimensi camshaft. Hal ini disebabkan karena camshaft harus bisa melaksanakan tugasnya yaitu membuka dan menutup valve sesuai dengan timing yang telah derencanakan.

Firing order itu sendiri akan ditentukan oleh langkah motor, jumlah silinder, serta susunan poros engkol. Pada dasarnya pengaturan firing order ini adalah untuk mendapatkan momen keluaran yang halus.

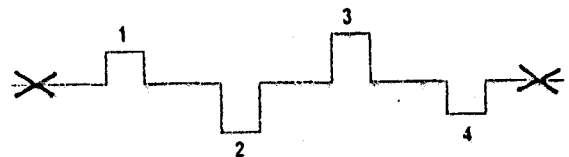
Kita tinjau contoh di bawah pada firing order motor bersilinder empat buah. Maka pertama-tama adalah kita perhatikan susunan dari engkol-engkolnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah, dimana  $\phi_1 = 0^\circ$ ,  $\phi_2 = 90^\circ$ ,  $\phi_3 = 270^\circ$  dan  $\phi_4 = 180^\circ$ . Langkah-langkah tenaga untuk motor dua dan empat langkah masing-masing diberikan dalam susunan yang berlainan. Kita melihat untuk motor dua langkah, langkah tenaga yang terjadi lebih merata, sedangkan untuk motor



empat langkah, di sana terjadi overlaping langkah tenaga antara torak dua dan empat sebesar  $90^\circ$ , dan juga terjadi selang  $90^\circ$  langkah tenaganya antara torak tiga dan satu.



$$\begin{aligned}\phi_1 &= 0^\circ \\ \phi_2 &= 90^\circ \\ \phi_3 &= 270^\circ \\ \phi_4 &= 180^\circ\end{aligned}$$



	1	4	2	3
0	P	C	I	E
180	E	P	C	I
360	I	E	P	C
540	C	I	E	P
720	P	C	I	E

Siklus empat langkah

	1	3	4	2
0	P	C	I	E
90	E	P	C	I
180	I	E	P	C
270	C	I	E	P
360	P	C	I	E

Siklus dua langkah

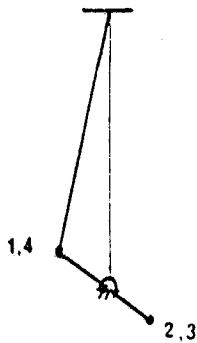
keterangan :

P = Power  
E = Exhaust

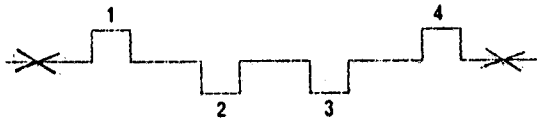
I = Intake  
C = Compress

Gambar 8 : firing order dari motor dua dan empat langkah.

Pada contoh di bawah  $\phi_1 = 0^\circ$ ,  $\phi_2 = 180^\circ$ ,  $\phi_3 = 180^\circ$ ,  $\phi_4 = 0^\circ$ , maka akan diperoleh hasil untuk motor 4 langkah, distribusi tenaganya terlihat merata. Sedangkan pada motor dua langkah terlihat distribusi tenaga yang tidak merata.



$$\begin{aligned}\phi_1 &= 0^\circ \\ \phi_2 &= 180^\circ \\ \phi_3 &= 180^\circ \\ \phi_4 &= 0^\circ\end{aligned}$$



	1	3	4	2
0	P	C	I	E
180	E	P	C	I
360	I	E	P	C
540	C	I	E	P
720				

Siklus empat langkah

	1	4	2	3
C	P	P	I	I
90	E	E	C	C
180	I	I	P	P
270	C	C	E	E
360				

Siklus dua langkah

keterangan :

P = Power  
E = Exhaust  
I = Intake  
C = Compress

Gambar 9 : firing order untuk motor empat silinder.

#### 4.2 Dimensi Camshaft

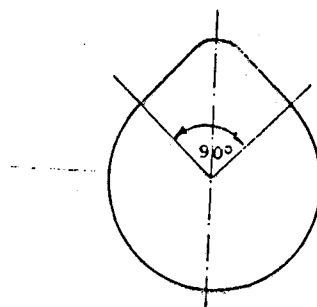
Pada contoh diatas setiap langkah dipandang sebesar  $90^\circ$ , untuk motor dua langkah dan  $180^\circ$  untuk motor empat langkah. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran secara sederhana untuk keperluan perencanaan. Tetapi kenyataanya tidaklah demikian. Langkah pembuangan biasanya selalu overlap

dengan langkah pemasukkan (intake) sehingga selalu terjadi pembilasan (scavanging) udara, yang akhirnya kualitas  $O_2$  dalam ruang bakar akan lebih bagus.

Apabila kita ambil  $180^\circ$  pada masing-masing langkah maka dalam setiap satu kali langkah tenaga diperlukan dua putaran crankshaft, tetapi putaran cam cukup hanya satu kali. Sehingga untuk motor empat langkah :

$$\text{putaran cam} = \frac{\text{putaran crankshaft}}{2}$$

Oleh karena itu, perencanaan cam yang gunakan untuk mengatur gas buang dalam ketentuan diatas, langkah gas buang adalah sebesar  $180^\circ$  maka cam yang mempunyai putaran setengah dari putaran crankshaft cukup bekerja selama  $90^\circ$  saja, sehingga cam yang direncanakan adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 10: dimensi cam

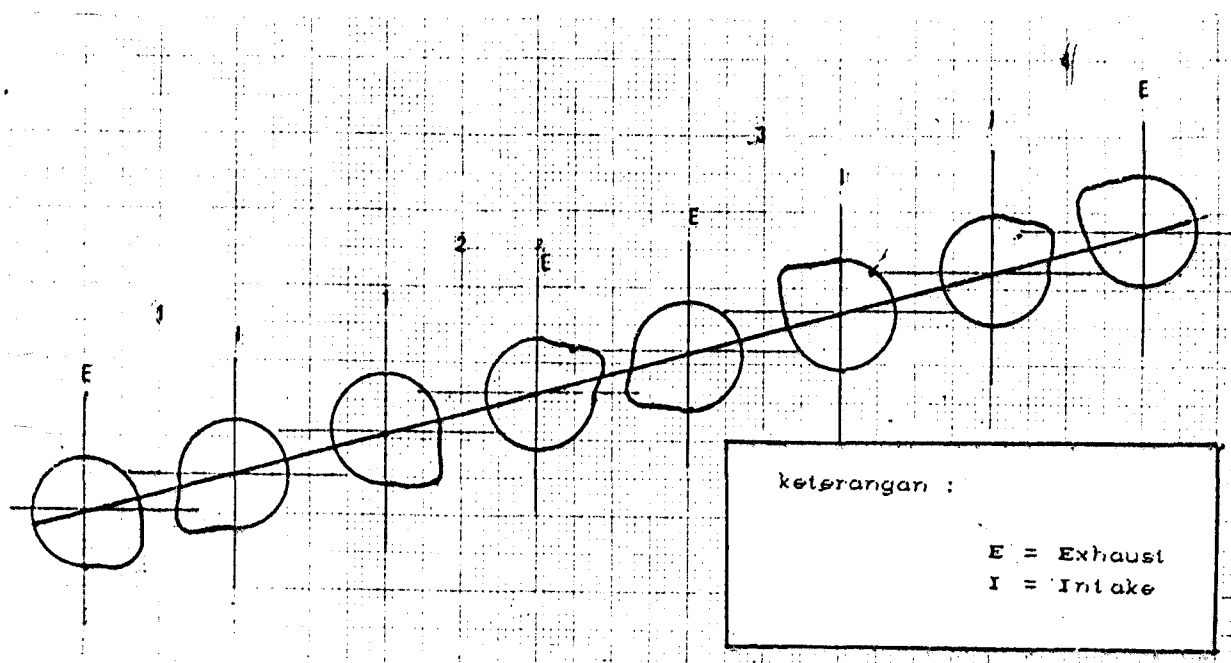
Karena langkah pemasukkan udara juga mempunyai sudut yang sama maka diperlukan dimensi cam yang sama seperti diatas.

Umumnya cam dibuat dalam satu poros, sehingga dalam putarannya secara serentak masing-masing cam akan bekerja sebagaimana tugasnya. Karena itu penyusunan cam dalam poros harus memperhatikan posisi daritugasnya yang terdapat pada tabel firing order. Misalnya firing order yang dipergunakan adalah seperti gambar dibawah ini, yaitu siklus empat langkah.

	1	4	2	3
0	P	C	I	E
180	E	P	C	I
360	I	E	P	C
540	C	I	E	P
720				

Siklus empat langkah

Dari firing order ini dapat digambarkan sketsa camshaft sebagai berikut :



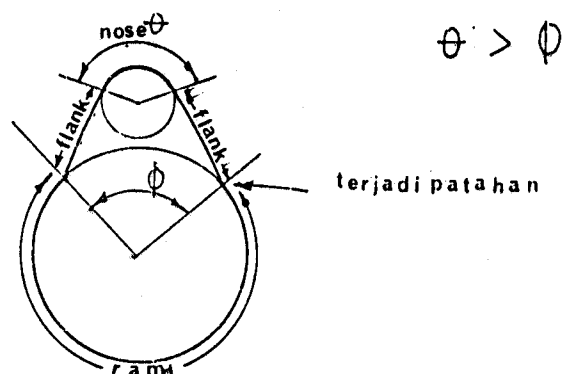
Gambar 12 : camshaft firing order 1-3-4-2

## BAB V

### ANALISA PERMASALAHAN

Sering kita jumpai flank dari suatu cam adalah merupakan suatu busur lingkaran, sehingga pada perencanaannya kita kenal dengan istilah radius of flank curvature (gambar 15). Tetapi kenyataannya kita tidak bisa membuat harga radius ini sekehendak kita, ini terjadi bila kita menginginkan perubahan kontak follower dengan base circle (ramp) ke flank atau perubahan kontak follower dengan flank ke nose terjadi secara smoothly, yaitu perubahan dimana titik persinggungan flank-ramp atau flank-nose terdapat gradien yang sama.

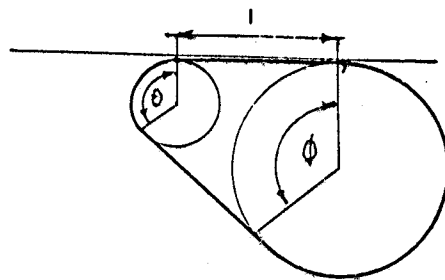
Gambar dibawah mencontohkan bila harga gradien titik singgung tidak sama.



Gambar 13 : cam dengan patahan

Akibat dari ketidak samaan gradien pada titik temu ini adalah terjadinya ketidaksambungan aliran kecepatan yang bekerja pada kedua periode (periode ramp ke flank). Dengan demikian percepatan yang ditimbulkannya pun tidak sama, sehingga akan terjadi tumbukan follower ke cam tersebut pada titik perubahan gradien itu.

Sedangkan busur flank sengaja dibuat agar tidak terjadi loncatan harga lengan torsi pada saat perubahan periode nose ke flank. Bayangkanlah bentuk cam di bawah ini.



$$\theta = \phi$$

Gambar 14 : cam dengan sudut flank sama dengan nol

---

Pada cam diatas periode flank tak pernah terjadi. Ketika follower selesai kontak dengan ramp, hanya sesaat saja terjadi kontak dengan flank, kemudian terjadi kontak dengan nose. Akibatnya adalah terjadi lonjakan harga lengan torsi. Secara tiba-tiba lengan berubah dari nol menjadi 1, sehingga terjadi kejutan pada putaran camnya.

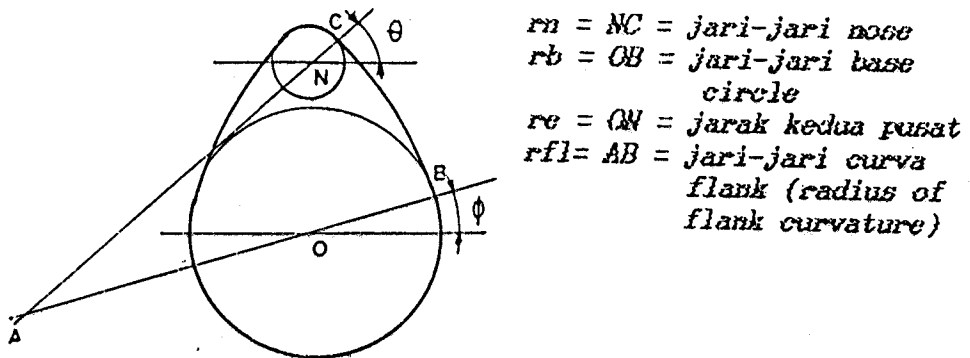
Oleh karena itu sangatlah penting bagi kita untuk memperhatikan bentuk dari cam itu sendiri, agar nanti secara dinamika dihasilkan suatu gerak yang halus. Salah satu cara untuk membuat gerak yang demikian adalah dengan merencanakan bentuk dari flank yang merupakan busur lingkaran. Alternatif lain adalah dengan membuat suatu garis penghubung base circle-nose dengan persamaan tertentu. Tentu saja harus selalu diperhatikan untuk merencanakan cam ini (convect flank), sudut  $\theta$  harus selalu lebih besar dibanding sudut  $\phi$ . Dan juga kehalusan gradien harus selalu diperhatikan.

Namun demikian kesulitan yang kita hadapi untuk permasalahan ini adalah bila kita ingin mengetahui secara matematis fungsi dari lift cam dan fungsi dari lengan torsinya, karena keduanya digunakan untuk menghitung besarnya harga kecepatan dan percepatan. Tetapi tentu saja ini bukanlah suatu alasan yang utama, karena walaubagaimana



pun prioritas utama dalam suatu perencanaan adalah performen cam itu sendiri harus sesuai dengan yang diinginkan.

### 5.1 Flank Berbetuk Busur



Gambar 15 : Cam dengan flank berbentuk busur lingkaran

Pada gambar 15 lingkaran maya flank melalui titik C dan titik B. Sudut OB terhadap sumbu datar adalah  $\phi$ . Sedangkan sudut NC terhadap sumbu datar adalah  $\theta$ . Garis OB dan garis NC berpotongan di titik A. Berarti untuk menentukan titik A terdapat dua syarat, yaitu  $AB=AC$  dan garis OB berpotongan dengan garis NC di A. Ternyata untuk memenuhi

syarat ini variabel  $\theta$ ,  $\phi$ ,  $rn$ ,  $rb$ ,  $re$  masing-masing bukanlah merupakan variabel independen.

Pandanglah titik O sebagai pusat koordinat maka titik

B berkoordinat  $(rb \cos \phi, rb \sin \phi)$

N berkoordinat  $(0, re)$

C berkoordinat  $(rn \cos \theta, re + rn \sin \theta)$

Persamaan garis OB :

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

$$\frac{y - 0}{rb \sin \phi} = \frac{x - 0}{rb \cos \phi}$$

$$y = x \tan \phi \quad (5.1.1)$$

Persamaan garis NC:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

$$\frac{y - re}{re + rn \sin \theta - re} = \frac{x - 0}{rn \cos \theta}$$

$$y = x \tan \theta + re \quad (5.1.2)$$

syarat 1

Titik A adalah perpotongan antara kedua garis tersebut sehingga persamaan (5.1.1) sama dengan persamaan (5.1.2)

$$x_A \tan \phi = x_A \tan \theta + re$$

$$x_A = \frac{re}{(\tan \phi - \tan \theta)}$$

$$y_A = \frac{re \tan \phi}{(\tan \phi - \tan \theta)}$$

Syarat 2  $AB=AC$

misal  $z = \tan \phi - \tan \theta$

$$(AB)^2 = \left( \frac{re \tan \phi}{z} - rb \sin \phi \right)^2 + \left( \frac{re}{z} - rb \cos \phi \right)^2$$

$$= \frac{re^2 \tan^2 \phi}{z^2} - \frac{2 re rb \tan \phi \sin \phi}{z} + rb^2 \sin^2 \phi$$

$$+ \frac{re^2}{z^2} - \frac{2 re rb \cos \phi}{z} + rb^2 \cos^2 \phi$$

$$(AC)^2 = \left( \frac{re \tan \phi}{z} - (re + rn \sin \theta) \right)^2 + \left( \frac{re}{z} - rn \cos \theta \right)^2$$

$$= \frac{re^2 \tan^2 \phi}{z^2} - \frac{2 re^2 \tan \phi}{z} - \frac{2 re rn \tan \phi \sin \theta}{z}$$

$$+ re^2 + 2re rn \sin \theta + rn^2 \sin^2 \theta + \frac{re^2}{z^2}$$

$$- \frac{2 re rn \cos \theta}{z} + rn^2 \cos^2 \theta$$

$$(AB)^2 = (AC)^2$$

$$\begin{aligned} * \quad & rb^2 - \frac{2 re rb \tan \phi \sin \phi}{z} - \frac{2 re rb \cos \phi}{z} = re^2 + rn^2 \\ & - \frac{2 re^2 \tan \phi}{z} - \frac{2 re rn \tan \phi \sin \theta}{z} + 2 re rn \sin \theta \\ & - \frac{2 re rn \cos \theta}{z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \quad & 2 re rn \left(1 - \frac{\tan \phi}{z}\right) \sin \theta - \frac{2 re rn \cos \theta}{z} = \\ & (rb^2 - re^2 - rn^2) + \frac{2 re^2 \tan \phi}{z} - \frac{2 re rb \tan \phi \sin \phi}{z} \\ & - \frac{2 re rb \cos \phi}{z} \end{aligned}$$

$$\text{misal } K = \frac{2 re^2 \tan \phi}{z} - \frac{2 re rb \tan \phi \sin \phi}{z} - \frac{2 re rb \cos \phi}{z}$$

$$L = (rb^2 - re^2 - rn^2)$$

kemudian kedua sisi dikalikan z sehingga menjadi

$$* \quad 2 re rn(z - \tan \phi) \sin \theta - 2 re rn \cos \theta = z L + K$$

$$* \quad 2 re rn(\tan \phi - \tan \theta - \tan \phi) \sin \theta - 2 re rn \cos \theta$$

$$= (\tan \phi - \tan \theta)L + K$$

$$* -2 re rn \tan \theta \sin \theta - 2re rn \cos \theta = L \tan \phi - L \tan \theta + K$$

$$* L \tan \theta - 2 re rn \tan \theta \sin \theta - 2 re rn \cos \theta = L \tan \phi + K$$

—————dikalikan  $\cos \theta$

$$* L \sin \theta - 2re rn \sin^2 \theta - 2re rn \cos^2 \theta = (L \tan \phi + K) \cos \theta$$

$$* L \sin \theta = (L \tan \phi + K) \cos \theta + 2 re rn$$

—————dikwadratkan

$$* \{ L \sin \theta \}^2 = \{ (L \tan \phi + K) \cos \theta + 2 re rn \}^2$$

$$* L^2 \sin^2 \theta = (L \tan \phi + K)^2 \cos^2 \theta + 4 re^2 rn^2 + 4 re rn$$

$$(L \tan \phi + K) \cos \theta$$

$$* L^2 (1 - \cos^2 \theta) = 4 re^2 rn^2 + 4 re rn (L \tan \phi + K) \cos \theta + (L \tan \phi + K)^2 \cos^2 \theta$$

$$* L^2 - L^2 \cos^2 \theta = 4 re^2 rn^2 + 4 re rn (L \tan \phi + K) \cos \theta + (L \tan \phi + K)^2 \cos^2 \theta$$

$$* 0 = 4 re^2 rn^2 - L^2 + 4 re rn (L \tan \phi + K) \cos \theta + (L \tan \phi + K)^2 \cos^2 \theta + L^2 \cos^2 \theta$$

$$* 0 = 4 re^2 rn^2 - L^2 + 4 re rn (L \tan \phi + K) \cos \theta + ((L \tan \phi + K)^2 + L^2) \cos^2 \theta$$

$$\begin{aligned}\text{misal } A &= (L \tan \phi + K)^2 + L^2 \\ B &= 4 r e r n (L \tan \phi + K) \\ C &= 4 r e^2 r n^2 - L^2\end{aligned}$$

Persamaan menjadi :

$$A \cos^2 \theta + B \cos \theta + C = 0$$

maka dapat diselesaikan menjadi :

$$\cos \theta_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$\theta_{1,2} = \text{Arc cos} \left[ \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \right] \quad (5.1.3)$$

Contoh soal :

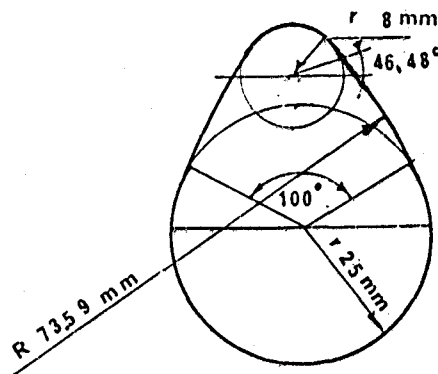
Rencanakanlah sebuah cam dengan busur lingkaran pada flank-nya. Bila bukaan katub terjadi sebesar  $150^\circ$ . Lift cam maksimum 15 mm. Diameter utama cam 50 mm. Jari-jari nose dirancang sebesar 8 mm.

Jawab:

Dengan memasukkan data-data pada contoh soal ke dalam program spesifikasi cam (lampiran) maka diperoleh hasil.

MASUKKAN HARGA JARI-JARI NOSE ?  
8  
MASUKKAN HARGA JARI-JARI BASE CIRCLE ?  
25  
MASUKKAN HARGA SUDUT OPERASI CAM ?  
150  
MASUKKAN HARGA LIFT MAKSIMUM ?  
15

HARGA SUDUT SINGGUNG NOSE = 46.48 DERAJAT  
HARGA JARI-JARI FLANK = 73.59 MM



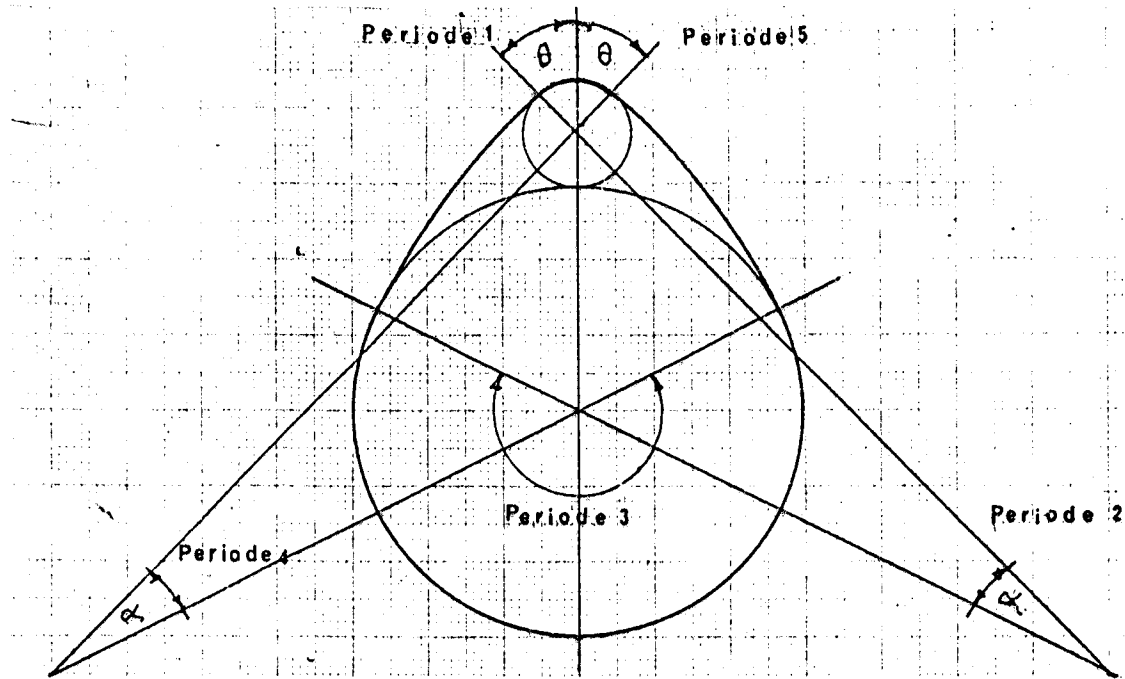
Gambar 16 : hasil permodelan soal

## 5.2 Perhitungan Lift dan Lengan Torsi

Dengan asumsi bentuk flank adalah merupakan busur lingkaran, maka dapat dicari harga jari-jari kurva flanknya. Dari hasil pengukuran untuk cam Motor Diesel Daihatsu Type DG (lihat gambar lampiran) diperoleh harga  $\phi=30^{\circ}$ , dengan

demikian diperoleh harga  $\theta_1 = 46^\circ$ . Sehingga harga sudut flank dicari =  $46 - 30$

$$\alpha = 16^\circ$$



Gambar 17 : cam motor diesel Daihatsu type DG

Periode 1, sudut  $0^\circ - 44^\circ$

Pada periode ini adalah terjadi kontak follower dengan nose.

$$0^\circ < \theta < 44^\circ$$

$$\theta = \gamma$$

$$\begin{aligned} \text{Lift } y &= e_n \cos \theta + r_n - r_b \\ &= 18,5 \cos \theta + 3,5 - 15 \\ &= 18,5 \cos \theta - 11,5 \\ &= 18,5 \cos \gamma - 11,5 \end{aligned}$$



Lengan torsi

$$\begin{aligned} l &= r_e \sin \theta \\ &= 18,5 \sin \theta \\ &= 18,5 \sin \gamma \end{aligned}$$

Periode 2, sudut  $44^\circ - 60^\circ$

Periode ini terjadi kontak antara follower dengan flank

$$\begin{aligned} 0^\circ < \alpha < 16^\circ \\ \alpha &= \gamma - 44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lift} \quad y &= e_{fl} (1 - \cos (16 - \alpha)) \\ &= e_{fl} (1 - \cos (60 - \gamma)) \end{aligned}$$

Lengan torsi

$$\begin{aligned} l &= e_{fl} \sin (16 - \alpha) \\ &= e_{fl} \sin (60 - \gamma) \end{aligned}$$

Harga  $e_{fl}$  dicari dengan menggunakan kondisi titik temu. Ketika  $\theta = 44^\circ$ ,  $\alpha = 0^\circ$  karena itu harga lift dan lengan torsi di titik ini berlaku :

$$18,5 \cos 44 - 11,5 = e_{fl} (1 - \cos (16 - 0))$$

$$e_{fl} = \frac{1,8078}{0,0387}$$

$$= 46,67 \text{ mm}$$

atau juga

$$18,5 \sin 44 = e_{fl} \sin (16-0)$$

$$e_{fl} = \frac{12,8511}{0,2756}$$

$$= 46,62 \text{ mm}$$

$e_{fl}$  diambil saja 46,6 mm

Maka persamaan pada periode ini akan menjadi:

$$y = 46,6 (1 - \cos (60 - \gamma))$$

$$l = 46,6 \sin (60 - \gamma)$$

Periode 3, sudut  $60^\circ - 300^\circ$

Pada periode ini terjadi kembali kontak follower dengan ramp sehingga lift dan lengan torsi besarnya sama dengan nol

$$y = 0$$

$$l = 0$$

Periode 4, sudut  $300^\circ - 316^\circ$

Pada periode ini terjadi kontak kembali antara follower dengan flank, sehingga di dapat harga-harga

$$0^\circ < \alpha < 16^\circ$$

$$\alpha = \gamma - 300$$

Lift  $y = e_{fl} (1 - \cos \alpha)$

$$= 46,6 (1 - \cos (\gamma - 300))$$

Lengan torsi

$$\begin{aligned} l &= -e_{fl} \sin \alpha \\ &= -46,6 \sin (\gamma - 300) \end{aligned}$$

Periode 5, sudut  $316^{\circ} - 360^{\circ}$

Periode ini juga terjadi kembali kontak follower dengan nose. Persamaan lift dan lengan torsi di dapatkan :

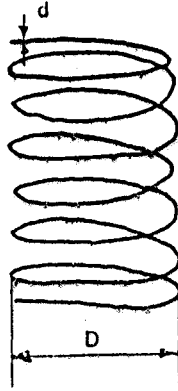
$$\begin{aligned} 0^{\circ} < \theta < 44^{\circ} \\ \theta &= \gamma - 316 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lift } y &= e_n \cos(44 - \theta) + r_n - r_b \\ &= 18,5 \cos(44 - \theta) + 3,5 - 15 \\ &= 18,5 \cos(44 - \theta) - 11,5 \\ &= 18,5 \cos(360 - \gamma) - 11,5 \\ &= 18,5 \cos \gamma - 11,5 \end{aligned}$$

Lengan torsi

$$\begin{aligned} l &= -e_n \sin \theta \\ &= -18,5 \sin \theta \\ &= -18,5 \sin(360 - \gamma) \\ &= 18,5 \sin \gamma \end{aligned}$$

### 5.3 Perhitungan Torsi Akibat Pegas



Gambar 18 : pegas

Kekakuan pegas dapat dicari dengan menggunakan perumusan

$$k = \frac{G d^4}{8 n D^3} \quad \text{kg/mm (Sularso, 1983)}$$

$$G = 8000 \text{ kg/mm}^2$$

$$D = 30 \text{ mm}$$

$$n = \text{jumlah lilitan} - 2 \text{ (Sularso, 1983)}$$

$$= 8 - 2 = 6 \text{ lilitan}$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{8000 \cdot 4^4}{8 \cdot 6 \cdot 30^3} \\ &= 1,58 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

---

Persamaan gaya pegas

$$F_s = \frac{b}{a} k (\delta + x)$$

$$\delta = 2 \text{ mm}$$

$$a = 30 \text{ mm}$$

$$b = 41 \text{ mm}$$

$$x = \frac{b}{a} y(\gamma) ; \gamma \text{ adalah sudut putaran cam.}$$

$$F_s = \frac{b}{a} k \left( \delta + \frac{b}{a} y(\gamma) \right)$$

$$= \frac{b}{a} k \delta + \frac{b^2}{a^2} k y(\gamma)$$

$$= \frac{41}{30} 1,58 \cdot 2 + \frac{41^2}{30^2} 1,58 y(\gamma)$$

$$= 4,3187 + 2,951 y(\gamma)$$

Persamaan torsi nya:

$$T = F_s l(\gamma)$$

$$= (4,3187 + 2,951 y(\gamma)) l(\gamma)$$

$$= 4,3187 l(\gamma) + 2,951 y(\gamma) l(\gamma)$$

Perhitungan untuk masing-masing sudut dapat dilihat pada lampiran.

---

#### 5.4 Perhitungan Torsi Akibat Inersia Mekanisme

Masa Efektif

\* Masa unit follower

$$\begin{aligned} M_f &= \text{masa pengikut cam} + \text{masa batang pengikut} + \\ &\quad \text{masa penyetel katub} \\ &= 85,2 + 78,4 + 15 \\ &= 178,6 \text{ gr} \\ &= 0,177 \text{ kg} \end{aligned}$$

\* Masa efektif Rocker Arm

$$\begin{aligned} M_a &= \frac{I_0}{a^2} \\ M_a &= \frac{549510,42}{30^2} \\ &= 610,57 \text{ gr} \\ &= 0,61 \text{ kg} \end{aligned}$$

\* Masa efektif katub

$$\begin{aligned} m &= b/a \text{ mk} \\ &= 41^2/30^2 \text{ mk} \end{aligned}$$

$$\text{mk masuk} = 107,8 \text{ gr}$$

$$\text{mk buang} = 91,9 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{masuk}} &= 41^2/30^2 \cdot 107,8 \\&= 201,346 \text{ gr} \\&= 0,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{buang}} &= 41^2/30^2 \cdot 91,9 \\&= 171,6 \text{ gr} \\&= 0,17 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi masa efektif total adalah :

$$\begin{aligned}M_{\text{eff masuk}} &= 0,177 + 0,61 + 0,2 \\&= 0,987 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{\text{eff buang}} &= 0,177 + 0,61 + 0,17 \\&= 0,957 \text{ kg}\end{aligned}$$

#### Persamaan gaya dan Torsi

Gerakan mekanisme pada periode 1 dan 2 bukanlah disebabkan oleh gaya dorong cam, tetapi disebabkan oleh energi kinetik pegas. Hal ini berbeda bila terdapat sambungan engsel antara cam dan follower, sehingga gerakan follower selalu disebabkan oleh cam.

Namun demikian sebenarnya bisa saja cam terkena gaya dorong oleh gerakan mekanisme. Tetapi ingat, bukankah gaya dorong ini disebabkan oleh energi pegas yang tidak lain juga

disebabkan oleh putaran cam ? Karena itu sebesar apapun percepatan yang ditimbulkan tidak akan mampu mengejar percepatan putaran cam, kecuali bila putaran cam mengalami perlambatan. Oleh karena itu pada periode 1 dan 2 torsi inersia mekanisme tidak diperhitungkan.

Pada periode 3 gaya inersia sama dengan nol. Ini disebabkan percepatan mekanisme pada periode ini adalah besarnya nol. Oleh karena itu torsi inersia yang berpengaruh adalah pada periode 4 dan 5, yaitu berupa gaya yang digunakan untuk mendorong mekanisme, dengan percepatan  $y$  sehingga gaya sebesar

$$F = M_{eff} \ddot{y}$$

Periode 4

$$y = 46,6 (1 - \cos (\gamma - 300))$$

$$\dot{y} = 46,6 \omega \sin (\gamma - 300)$$

$$\ddot{y} = 46,6 \omega^2 \cos (\gamma - 300)$$

$$F = M_{eff} 46,6 \omega^2 \cos (\gamma - 300)$$

Putaran maksimum = 4500 rpm

Putaran cam = 0,5 4500



$$= 2250 \text{ rpm}$$

$$\omega = 2\pi 2250/60$$

$$= 235.6 \text{ rad/detik}$$

Torsi yang terjadi

$$T = F l$$

$$= M_{\text{eff}} 25870,7 \cos(\gamma - 300)(-46,6 \sin(\gamma - 300))$$

$$= 1205574,6 M_{\text{eff}} \cos(\gamma - 300) \sin(\gamma - 300)$$

$$T_{\text{masuk}} = 241114,8 \cos(\gamma - 300) \sin(\gamma - 300)$$

$$T_{\text{buang}} = 204947,7 \cos(\gamma - 300) \sin(\gamma - 300)$$

Periode 5

$$y = 18,5 \cos \gamma - 11,5$$

$$\dot{y} = -18,5 \omega \sin \gamma$$

$$\ddot{y} = -18,5 \omega^2 \cos \gamma$$

$$= 1026886,2 \cos \gamma \text{ mm/dt}^2$$

$$= 10268,9 \text{ c} \cos \gamma \text{ m/dt}^2$$

$$F = M_{\text{eff}} 18,5 \omega^2 \cos \gamma$$

$$= M_{\text{eff}} 10268,9 \cos \gamma$$

Torsi yang ditimbulkan besarnya :

$$T = M_{\text{eff}} 18,5 \omega^2 \cos \gamma 18,5 \sin \gamma$$

$$= 188974,6 M_{eff} \cos \gamma \sin \gamma$$

$$T_{masuk} = 37994,9 \cos \gamma \sin \gamma$$

$$T_{buang} = 32295,68 \cos \gamma \sin \gamma$$

### 5.5 Perhitungan Torsi Akibat Tekanan Ruang Bakar

Tekanan kerja ruang bakar adalah  $32 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  (lampiran spesifikasi motor diesel Daihatsu type DG) gaya yang ditimbulkan adalah :

Katub masuk :

$$F_p = \frac{b}{a} \cdot p \cdot \Pi \cdot \frac{d_i^2}{4}$$

$$d_i = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

$$= \frac{41}{30} \cdot 32 \cdot \Pi \cdot \frac{4^2}{4}$$

$$= 499,6 \text{ Kg}$$

Torsi yang terjadi :

$$T = F \cdot l$$

$$= 499,6 \cdot l(\gamma)$$

Katub buang :

$$F_p = \frac{b}{a} \cdot p \cdot \Pi \cdot \frac{d_i^2}{4}$$

$$d_i = 33 \text{ mm} = 3,3 \text{ cm}$$

$$= \frac{41}{30} \cdot 32 \cdot \Pi \cdot \frac{3,3^2}{4}$$

$$= 340 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} I &= F \cdot l \\ &= 340 \cdot 1(\gamma) \end{aligned}$$

### 5.6 Torsi Akibat Hubungan dengan Gear

Hubungan ini akan menyebabkan poros cam berputar. Torsi diberikan untuk masing-masing sudut putar adalah tidak sama, karena torsi ini sendiri tidak lain adalah torsi yang digunakan untuk melawan seluruh torsi total yang terjadi pada poros. Sehingga pada sesaat di semua sudut putar, akan terjadi sigma torsi sama dengan nol, selama kecepatan putar konstan.

### 5.7 Matrik Kekakuan Poros

Untuk memudahkan perhitungan, poros yang kita analisa, kita bagi menjadi sebelas elemen. Ini didasarkan pada masing-masing elemen merupakan suatu poros sederhana yang mempunyai kekakuan sendiri.

Selanjutnya pada masing-masing elemen ini kita cari harga kekakuann defleksi. Kemudian kita menyusunnya masing-masing kekakuan elemen itu ke dalam matrik.

*Elemen 1*

Elemen ini dibatasi antara gear dan cam 1

kekakuan defleksi:

$$k = \frac{JG}{L} \text{ kg mm/rad}$$

$$= \frac{JG}{57,296 L} \text{ kg mm/derajat}$$

diamana :

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$= \frac{\pi 24^4}{32}$$

$$= 32572,03 \text{ mm}^4$$

G = modulus geser bahan poros

$$= 8,3 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$$

L = panjang poros 10 mm

$$k_1 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{10 \cdot 57,296}$$

$$= 471846 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 2*

Elemen ini dibatasi antara cam 1 dan cam 2

kekakuan defleksi:

L = panjang poros 27,5 mm

$$k_2 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{27,5 \cdot 57,296}$$

$$= 171580,4 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 3*

---

Elemen ini dibatasi antara cam 2 dan gear

kekakuan defleksi:

L = panjang poros 20,5 mm

$$k_3 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{20,5 \cdot 57,296}$$
$$= 230169 \text{ kg mm/derajat}$$

Elemen 4

Elemen ini dibatasi antara gear dan cam 3

kekakuan defleksi:

L = panjang poros 20,5 mm

$$k_4 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{20,5 \cdot 57,296}$$
$$= 230169 \text{ kg mm/derajat}$$

Elemen 5

Elemen ini dibatasi antara cam 3 dan cam 4

kekakuan defleksi:

L = panjang poros 27,5 mm

$$k_5 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{27,5 \cdot 57,296}$$
$$= 171580,4 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 6*

Elemen ini dibatasi antara cam 4 dan penumpu bantalan  
kekakuan defleksi:

$L$  = panjang poros 11 mm

$$k_6 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{11 \cdot 57,296}$$
$$= 428951 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 7*

Elemen ini merupakan penumpu bantalan  
kekakuan defleksi:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$
$$= \frac{\pi \cdot 46^4}{32}$$
$$= 43573,2 \text{ mm}^4$$

$L$  = panjang poros 32 mm

$$k_7 = \frac{43573,2 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{32 \cdot 57,296}$$
$$= 1989910 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 8*

Elemen ini dibatasi antara penumpu bantalan dan cam 5  
kekakuan defleksi:

---

L = panjang poros 11 mm

$$k_8 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{11 \cdot 57,296}$$
$$= 428951 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 9*

Elemen ini dibatasi antara cam 5 dan cam 6

kekakuan defleksi:

L = panjang poros 27,5 mm

$$k_9 = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{27,5 \cdot 57,296}$$
$$= 171580,4 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 10*

Elemen ini dibatasi antara cam 6 dan cam 7

kekakuan defleksi:

L = panjang poros 53,5 mm

$$k_{10} = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{53,5 \cdot 57,296}$$
$$= 88195,5 \text{ kg mm/derajat}$$

*Elemen 11*

Elemen ini dibatasi antara cam 7 dan cam 8

kekakuan defleksi:

---

$L$  = panjang poros 27,5 mm

$$k_{11} = \frac{32572,03 \cdot 8,3 \cdot 10^3}{27,5 \cdot 57,296}$$

$$= 171580,4 \text{ kg mm/derajat}$$

### 5.8 Langkah Pengerjaan

Langkah diatas hanyalah merupakan cara untuk mencari persamaan torsi pada cam secara umum. Untuk itu selanjutnya kita cari persamaan pada masing-masing cam. Kemudian kita hitung harga torsi pada masing-masing cam di setiap sudut putar ( $0^\circ$ - $360^\circ$ ). Harga torsi masing-masing cam di setiap sudut tidaklah sama, ini tergantung posisi cam terhadap cam 1, dan juga katup yang di kenai kerja.

Resultan torsi di suatu sudut adalah penjumlahan masing-masing cam pada sudut itu. Semua perhitungan dapat kita lihat pada lampiran.

#### *Tegangan Camshaft*

Tegangan geser maksimum akan terjadi pada titik kritis, yaitu titik-titik dimana resultan torsi maksimum. Titik ini berada di sudut  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$  (lihat lampiran resultan torsi). Torsi yang ditimbulkan adalah sebesar 70518,5 kgmm.



$$\text{tegangan geser } (\tau_p) = 1 \cdot \frac{\rho}{J} \quad (\text{Popov, 1967})$$

dimana :

$$\rho = r_b = 15 \text{ mm}$$

$$J = 325720,3 \text{ mm}^4$$

$$\tau_p = \frac{70518,5 \cdot 15}{325720,3}$$

$$= 3,25 \text{ kg / mm}^2$$

Spesifikasi material poros Modular Cast Iron mempunyai kekuatan tarik ( $\sigma_B$ ) = 78,8Kg / mm<sup>2</sup>.

$$\text{Tegangan geser ijin } (\tau_i) = sf1 \cdot sf2 \quad (\text{Sularso, 1983})$$

$$sf1 = 6$$

= faktor koreksi pengaruh massa

$$sf2 = 2$$

= faktor koreksi pengaruh pasak dan tangga

$$\tau_i = 78,8 / 6 \cdot 2$$

$$= 6,57 \text{ kg / mm}^2$$

Terlihat

$$\tau_p < \tau_i$$

Dengan demikian untuk beban ini tegangan yang ditimbulkan dinyatakan "BOLEH".

### Defleksi Cam Shaft

Defleksi dari camshaft tidak dapat kita hitung pada sudut kritis, karena sudut tersebut hanya terjadi sesaat saja. Dengan demikian kita ambil harga rata-rata dari torsi yang bekerja pada putaran maksimum yaitu = -21497,0 kgmm. Torsi ini akan menyebar keseluruhan cam sehingga masing-masing cam akan menerima torsi sebesar -268,71 kgmm. Dengan rumus  $[K] [X] = [T]$ , maka harga defleksi dapat diketahui.

dimana  $[K]$  disusun dari matrik kekakuan poros yang besarnya

```

INPUT MATRIK KEKAKUAN
471846 -471846 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
-471846 643426.4 -171580.4 0 0 0 0 0 0 0 0
0 -171580.4 401749.4 -230169 0 0 0 0 0 0 0
0 0 -230169 460338 -230169 0 0 0 0 0 0
0 0 0 -230169 401749.9 -171580.4 0 0 0 0 0
0 0 0 0 -171580.4 600532.4 -428951 0 0 0 0
0 0 0 0 0 -428951 248861 -1989910 0 0 0
0 0 0 0 0 0 -1989910 2418861 -428951 0 0
0 0 0 0 0 0 0 -428951 600531.4 -171580.4 0
0 0 0 0 0 0 0 0 -171580.4 259775.9 -88195.5
0 0 0 0 0 0 0 0 0 -88195.5 259775.9 -171580.4
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -171580.4 171580.4

```

[T] matrik torsi yang besarnya

## INPUT MATRIK

2149.70  
-268.71  
-268.71  
0  
-268.71  
-268.71  
0  
0  
-268.71  
-268.71  
-268.71  
-268.71

Dengan bantuan program LU Decomposisi akan didapat

matrik defleksi sebesar

MASUKKAN MATRIK KEKAKUAN (FORMAT DALAM BENTUK MATRIK)

MASUKKAN MATRIK TORSI, (NX1)

MATRIK X YANG DICARI NILAINYA

X( 1) = 0.03986  
X( 2) = 0.03531  
X( 3) = 0.02435  
X( 4) = 0.01734  
X( 5) = 0.01034  
X( 6) = 0.00251  
X( 7) = 0.00000  
X( 8) = -0.00054  
X( 9) = -0.00305  
X(10) = -0.00774  
X(11) = -0.01384  
X(12) = -0.01540

Dari hasil diatas, defleksi maksimum terjadi antara titik simpul 1 (idle gear) terhadap titik simpul 12 (cam 8), yaitu sebesar  $0,03986 - (-0,01540) = 0,05526$  derajat.

---

$$\begin{aligned}\text{Defleksi per satuan panjang} &= \frac{0,05526}{\text{jarak simpul 1-12}} \\ &= \frac{0,05526}{0,386} \\ &= 0,143 \text{ derajat/meter}\end{aligned}$$

Defleksi pada suatu poros selalu dibatasi sampai 0,25 derajat/meter (Sularso,1983). Karena itu untuk beban yang diterima oleh cangschaft, menimbulkan defleksi yang "DIIJINKAN".

## BAB VI

### KESIMPULAN

Ada beberapa hal yang sangat menarik dari pembahasan di atas untuk kita cermati dalam kaitannya dengan penganalisaan camshaft. Pertama, gaya yang bekerja pada camshaft terbesar adalah yang ditimbulkan oleh momen inersia mekanisme katub. Apabila kita runut, gaya ini sangat dipengaruhi oleh dimensi dari cam-cam yang menyusunnya, dimana terdapat persamaan lift dan persamaan lengan torsi. Karena itu, dengan adanya simulasi program yang telah diberikan, kita dapat memperkirakan seberapa besar gaya yang akan ditimbulkan oleh inersia mekanisme.

Khusus untuk motor Diesel Daihatsu Type DG, pada putaran maksimum (4500 rpm), untuk sudut putar camshaft 45, 135, 225 dan 315 derajat adalah merupakan sudut kritis, yaitu terjadi tegangan geser maksimum yang besarnya 3,25 kg/mm<sup>2</sup>. Namun bila dibanding dengan tegangan yang diijinkan (6,57 kg/mm<sup>2</sup>), masih dapat diterima.

Sedangkan defleksi maksimum, dihitung pada putaran maksimum dan besarnya defleksi dihitung pada torsi rata-rata yang menghasilkan harga 0,143 derajat/meter. Bila dibanding dengan batas yang diijinkan (0,25 derajat/meter) akan lebih kecil, sehingga defleksi yang terjadi masih bisa ditolerir. Karena itu ditinjau dari tegangan dan defleksi camshaft ini masih layak digunakan.

Kedua, perencanaan "Cam dengan flank berbentuk busur", relatif mudah dapat diketahui persamaan lift dan lengannya. Dari sini dapat diperkirakan harga torsi yang bekerja, sehingga secara tidak langsung optimasi bentuk cam dapat dibuat.

Analisa diatas relatif panjang dan melelahkan, dengan hanya menghasilkan tegangan dan defleksi saja, karena itu pembuatan software yang integral dan komprehensif sangat diharapkan.

Daftar Pustaka :

1. *Internal Combustion Engine*, Lester C Lighty, Mc Graw Hill Book, Tokyo, 1951.
  2. *Internal Combustion Engine*, Edward F. Obert, International text bookcompany, Pennsylvania, 1968.
  3. *Dasar peren canaandan pemilihan Elemen Mesin*, Sularso, Pradnya Paramita, Jakarta Pusat, 1983.
  4. *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, VL Mekev, IR Bambang Prambodo, Erlangga, Jakarta, 1986.
  5. *Concept and Aplications of Finite Element Analysis*, Robert D. Cook, McGraw Hill, New York, 1989.
  6. *Termodinamika teknik*, Reynold perkin, Erlangga, Jakarta, 1991.
  7. *Project Guide Daihatsu Type DG, ASTRA MOTOR*, Jakarta, 1991.
  8. *Petunjuk Praktikum Mesin Kapal*, Lab Permesinan Kapal, FTK ITS, Surabaya.
  9. *Diktat Analisa Numerik*, Abdul Munif, T. Permesinan Kapal FTK ITS, Surabaya.
  10. *Diktat Fisika Dasar I*, FMIPA-ITS, Surabaya, 1989.
  11. *Mekanika Teknik*, Popov, Erlangga, Jakarta, 1967.
-

# PROGRAM 1

C PROGRAM PENYELESAIAN PERSAMAAN MatriK  
C METODE LU-DECOMPOSISI

```
REAL A(16,16),L(16,16),U(16,16)
REAL H(16),X(16),HI(16),XA(16)
CALL CLS
CALL CLS
CALL CLS
CALL CLS
PRINT*, 'ORDO MatriK KEKAKUAN (NXN), MASUKKAN N?'
READ*,N
CALL CLS
CALL CLS
CALL CLS
PRINT*, 'MASUKKAN MatriK KEKAKUAN (FORMAT DALAM BENTUK
1 MatriK)'
DO 20 I=1,N
  READ*,(A(I,J),J=1,N)
20 CONTINUE
  DO 1 I=1,N
    DO 2 J=1,N
      IF(J.EQ.1)THEN
        L(I,J)=A(I,J)
      ENDIF
      IF(I.EQ.1)THEN
        U(I,J)=A(I,J)/A(1,1)
      ENDIF
2 CONTINUE
1 CONTINUE
PRINT*, 'MASUKKAN MatriK TORSI, (NX1)'
DO 17 I=1,N
17 READ*,H(I)
```



```

DO 3 I=1,N
DO 4 J=1,N
IF(I.LT.J)THEN
L(I,J)=.0
U(J,I)=.0
ENDIF
4 CONTINUE
3 CONTINUE
DO 5 I=2,N
DO 6 J=2,N
Z=.0
DO 7 K=1,I-1
7 Z=Z+L(J,K)*U(K,I)
IF(I.LE.J)THEN
L(J,I)=A(J,I)-Z
ENDIF
AM=.0
DO 8 K=1,I-1
8 AM=AM+L(I,K)*U(K,J)
IF(I.LE.J)THEN
U(I,J)=(A(I,J)-AM)/L(I,I)
ENDIF
6 CONTINUE
5 CONTINUE
HI(1)=H(1)/L(1,1)
DO 9 I=2,N
AI=.0
DO 10 K=1,I-1
10 AI=AI+L(I,K)*HI(K)
9 HI(I)=(H(I)-AI)/L(I,I)
X(N)=HI(N)
DO 11 M=(N-1),1,-1
Y=.0
DO 12 K=(M+1),N
12 Y=Y+U(M,K)*X(K)

```

```

11      X(M)=HI(M)-Y
        PRINT*, ' MATRIK X YANG DICARI NILAINYA'
        DO 50 I=1,N
50      WRITE(*,53)I,X(I)
53      FORMAT(15X,'X(',I2,') = ',F15.5)
        STOP
        END
        SUBROUTINE CLS
        DO 1 I=1,10
1      PRINT*, '
                RETURN
                END

```

## PROGRAM 2

```

PROGRAM Mencari Spesifikasi Cam
REAL*4 RE,TH,HL,HK,A,B,C,D,RR1,RR2,RTH,SF,RFL
PRINT*, 'MASUKKAN HARGA JARI-JARI NOSE ?'
READ*,RN
PRINT*, 'MASUKKAN HARGA JARI-JARI BASE CIRCLE ?'
READ*,RB
PRINT*, 'MASUKKAN HARGA SUDUT OPERASI CAM ?'
READ*,SC
PRINT*, 'MASUKKAN HARGA LIFT MAKSIMUM ?'
READ*,FM
RE=FM-RN+RB
TH=((180.-SC)/2.)*(22./7.)/180.
HL=(RB**2)-(RE**2+RN**2)
HK=2.*(RE**2)*TAN(TH)-2.*RE*RB*TAN(TH)*SIN(TH)-2.*
1 RE*RB*COS(TH)
A=((HL*TAN(TH)+HK)**2)+(HL**2)
B=4.*RE*RN*(HL*TAN(TH)+HK)
C=4.*(RE**2)*(RN**2)-(HL**2)
D=(B**2)-(4.*A*C)
IF(D.LT.0.)THEN
PRINT*, 'TIDAK MUNGKIN TERBENTUK CAMNYA'
GOTO 10
ELSEIF(D.GT.0.)THEN
RR1=(-B+SQRT(D))/(2*A)
RR2=(-B-SQRT(D))/(2*A)
IF(RR1.GT.RR2)THEN
RR1=RR1
ELSE
RR1=RR2
ENDIF
ELSE
ENDIF

```

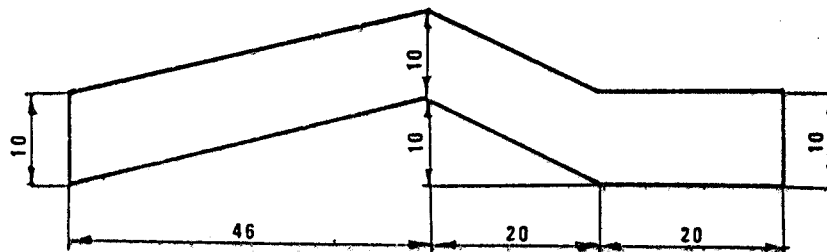
```

RTH=ACOS(RR1)*180./(22./7.)
SF=(RTH-((180.-SC)/2.))*(22./7.)/180.
RFL=(RE*SIN((90.-RTH)*(22./7.)/180.))/SIN(SF)+RB
PRINT*
PRINT*
PRINT*
PRINT*
WRITE(*,1)RTH
WRITE(*,2)RFL
1  FORMAT(10X,'HARGA SUDUT SINGGUNG NOSE =',F5.2,'DERAJAT')
2  FORMAT(10X,'HARGA JARI-JARI FLANK      =',F5.2,'DERAJAT')
10 STOP
      END

```

## Perhitungan Pendekatan Bentuk Momen Inersia Rocker Arm

Bentuk rocker arm disederhanakan menjadi



$a$  = tebal 13mm

$\rho$  = berat jenis baja 0.0786 gr kg/mm<sup>3</sup>

$$I_o = \rho a \int_{-46}^0 x^2 y_1 dx + \rho a \int_0^{20} x^2 y_2 dx + \rho a \int_{20}^{40} x^2 y_3 dx$$

$$= \rho a \int_{-46}^0 x^2 10 dx$$

$$= 0.0786 \cdot 13 \cdot 10 \int_{-46}^0 x^2 dx$$

$$= 10.213 \cdot \frac{1}{3} x^3 \Big|_{-46}^0$$

$$= 549510.42 \text{ gr mm}^2$$

K =

k1	-k1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-k1	k1+k2	-k2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-k2	k2+k3	-k3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-k3	k3+k4	-k4	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-k4	k4+k5	-k5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-k5	k5+k6	-k6	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-k6	k6+k7	-k7	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-k7	k7+k8	-k8	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-k8	k8+k9	-k9	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-k9	k9+k10	-k10	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-k10	k10+k11	-k11	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-k11	k11	0

MATRIK KEKAKUAN CAMSHAFT

	471846	-471846	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-471846	643426,4	-171580,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	-171580,4	401749,4	-230169	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	-230169	460338	-230169	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	-230169	401749,4	-171580,4	0	0	0	0	0	0
k =	0	0	0	0	-171580,4	600531,4	-428951	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	-428951	2418861	-1989910	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	-1989910	2418861	-428951	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	-428951	600531,4	-171580,4	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	-171580,4	259775,9	-88195,5	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-88195,5	259775,9	-171580,4
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-171580,4	171580,4

MATRIK KEKAKUAN CAMSHAFT

LAMPIRAN

PERHITUNGAN TORSI

DALAM CKG MM



Harga torsi yang bekerja pada cam 1  
Cam katub buang

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
2	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
3	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
4	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
5	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
6	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
7	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
8	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
9	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
10	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
11	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
12	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
13	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
14	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
15	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
16	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
17	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
18	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
19	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
20	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
21	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58
22	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75
23	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
24	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
25	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
26	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
27	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
28	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
29	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
30	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
31	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
32	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
33	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
34	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
35	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
36	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
37	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
38	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
39	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
40	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
41	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
42	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
43	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
44	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
45	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
46	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
47	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
48	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
49	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
50	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
51	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
52	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
53	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
54	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
55	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
56	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
57	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
58	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
59	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
101	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
103	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
104	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
106	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
107	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
108	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
109	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
110	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
113	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
114	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
115	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
116	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
117	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
118	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
119	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
121	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
122	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
123	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
124	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
126	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
127	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
128	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
129	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
131	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
133	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
134	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
136	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
137	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
138	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
139	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
141	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
142	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
143	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
144	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
145	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
146	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
147	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
148	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
149	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
151	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
152	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
154	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
155	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
156	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
157	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
158	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
159	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
161	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
162	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
164	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
165	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
166	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
167	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
168	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
169	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
170	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
172	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
173	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
174	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
175	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
176	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
177	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
178	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
179	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
181	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
182	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
183	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
184	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
185	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
186	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
187	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
189	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
191	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
192	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
193	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
194	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
195	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
196	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
197	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
198	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
199	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
205	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
206	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
208	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
209	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
211	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
212	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
213	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
214	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
215	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
216	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
217	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
218	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
219	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
220	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
221	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
222	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
223	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
224	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
225	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
226	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
227	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
228	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
229	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
231	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
232	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
233	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
234	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
235	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
236	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
237	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
238	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
239	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
241	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
242	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
243	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
244	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
245	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
246	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
247	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
248	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
249	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
250	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
251	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
252	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
253	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
254	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
256	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
257	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
258	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
259	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
261	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
262	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
263	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
264	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
265	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
266	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
267	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
268	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
269	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
271	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
272	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
273	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
274	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
275	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
276	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
277	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
278	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
279	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
281	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
282	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
283	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
284	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
285	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
286	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
287	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
288	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
289	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
290	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
291	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
292	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
293	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
294	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
295	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
296	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
297	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
298	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
299	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
301	0.01	-0.81	-3.53	-3577.72	-276.63	-3857.88
302	0.03	-1.63	-7.16	-7151.09	-553.17	-7711.42
303	0.06	-2.44	-11.00	-10715.73	-829.54	-11556.27
304	0.11	-3.25	-15.13	-14267.31	-1105.67	-15388.11
305	0.18	-4.06	-19.68	-17801.49	-1381.45	-19202.61
306	0.26	-4.87	-24.72	-21313.96	-1656.81	-22995.49
307	0.35	-5.68	-30.36	-24800.45	-1931.67	-26762.48
308	0.45	-6.49	-36.71	-28256.69	-2205.94	-30499.34
309	0.57	-7.29	-43.85	-31678.48	-2479.54	-34201.87
310	0.71	-8.10	-51.89	-35061.65	-2752.38	-37865.91
311	0.86	-8.90	-60.91	-38402.06	-3024.38	-41487.35
312	1.02	-9.69	-71.01	-41695.65	-3295.46	-45062.12
313	1.20	-10.49	-82.28	-44938.40	-3565.53	-48586.22
314	1.39	-11.28	-94.81	-48126.35	-3834.52	-52055.69
315	1.59	-12.07	-108.69	-51255.63	-4102.34	-55466.66

355	6.93	-1.57	-38.82	-2724.69	-532.58	-3298.09
356	6.96	-1.24	-30.92	-2167.34	-423.07	-2621.33
357	6.98	-0.92	-22.96	-1607.34	-313.44	-1943.74
358	6.99	-0.60	-14.95	-1045.38	-203.71	-1264.03
359	7.00	-0.28	-6.90	-482.15	-93.91	-582.96

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
232	5.67	-6.89	-145.02	-13131.69	-2342.42	-15619.13
233	5.79	-6.59	-140.97	-12644.39	-2240.14	-15025.50
234	5.90	-6.29	-136.58	-12141.67	-2137.18	-14415.43
235	6.01	-5.98	-131.85	-11624.14	-2033.57	-13789.56
236	6.11	-5.67	-126.79	-11092.44	-1929.34	-13148.57
237	6.20	-5.37	-121.43	-10547.22	-1824.52	-12493.17
238	6.30	-5.06	-115.77	-9989.13	-1719.14	-11824.05
239	6.38	-4.74	-109.84	-9418.87	-1613.24	-11141.95
240	6.46	-4.43	-103.64	-8837.12	-1506.85	-10447.61
241	6.54	-4.12	-97.20	-8244.59	-1400.00	-9741.79
242	6.61	-3.80	-90.53	-7642.01	-1292.72	-9025.26
243	6.67	-3.49	-83.64	-7030.12	-1185.05	-8298.81
244	6.73	-3.17	-76.56	-6409.65	-1077.01	-7563.22
245	6.78	-2.85	-69.30	-5781.36	-968.65	-6819.31
246	6.83	-2.53	-61.88	-5146.03	-859.99	-6067.90
247	6.87	-2.21	-54.31	-4504.42	-751.07	-5309.81
248	6.90	-1.89	-46.62	-3857.32	-641.93	-4545.86
249	6.93	-1.57	-38.82	-3205.52	-532.58	-3776.91
250	6.96	-1.24	-30.92	-2549.81	-423.07	-3003.80
251	6.98	-0.92	-22.96	-1890.98	-313.44	-2227.39
252	6.99	-0.60	-14.95	-1229.86	-203.71	-1448.51
253	7.00	-0.28	-6.90	-567.23	-93.91	-668.04
254	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
256	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
257	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
258	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
259	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
260	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
261	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
262	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
263	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
264	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
265	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
266	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
267	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
268	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
269	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
270	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
271	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
272	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
273	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
274	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
275	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58
276	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75



LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
277	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
278	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
279	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
280	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
281	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
282	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
283	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
284	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
285	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
286	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
287	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
288	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
289	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
290	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
291	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
292	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
293	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
294	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
295	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
296	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
297	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
298	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
299	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
300	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
301	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
302	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
303	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
304	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
305	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
306	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
307	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
308	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
309	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
310	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
311	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
312	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
313	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
314	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
315	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
358	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Harga torsi yang bekerja pada cam 3  
Cam katub masuk

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
1	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
2	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
3	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
4	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
5	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58
6	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75
7	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
8	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
9	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
10	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
11	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
12	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
13	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
14	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
15	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
16	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
17	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
18	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
19	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
20	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
21	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
22	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
23	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
24	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
25	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
26	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
27	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
28	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
29	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
30	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
31	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
32	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
33	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
34	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
35	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
36	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
37	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
38	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
39	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
40	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
41	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
42	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
43	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	.	.	.	.	.	.
47	.	.	.	.	.	.
283	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
284	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
285	0.01	-0.81	-3.53	-4209.09	-276.63	-4489.25
286	0.03	-1.63	-7.16	-8413.04	-553.17	-8973.37
287	0.06	-2.44	-11.00	-12606.74	-829.54	-13447.28
288	0.11	-3.25	-15.13	-16785.06	-1105.67	-17905.86
289	0.18	-4.06	-19.68	-20942.92	-1381.45	-22344.05
290	0.26	-4.87	-24.72	-25075.24	-1656.81	-26756.78
291	0.35	-5.68	-30.36	-29176.99	-1931.67	-31139.03
292	0.45	-6.49	-36.71	-33243.16	-2205.94	-35485.81
293	0.57	-7.29	-43.85	-37268.80	-2479.54	-39792.19
294	0.71	-8.10	-51.89	-41248.99	-2752.38	-44053.26
295	0.86	-8.90	-60.91	-45178.89	-3024.38	-48264.18
296	1.02	-9.69	-71.01	-49053.70	-3295.46	-52420.17
297	1.20	-10.49	-82.28	-52868.70	-3565.53	-56516.51
298	1.39	-11.28	-94.81	-56619.23	-3834.52	-60548.57
299	1.59	-12.07	-108.69	-60300.73	-4102.34	-64511.76
300	1.81	-12.85	-124.00	-63908.70	-4368.91	-68401.61
301	2.06	-12.59	-130.80	-68945.08	-4279.51	-73355.40
302	2.28	-12.35	-136.26	-74884.32	-4198.38	-79218.95
303	2.49	-12.11	-141.21	-81800.53	-4115.96	-86057.70
304	2.70	-11.86	-145.66	-89693.82	-4032.29	-93871.77
305	2.90	-11.61	-149.61	-98564.31	-3947.39	-102661.31
306	3.10	-11.36	-153.07	-108412.16	-3861.29	-112426.52
307	3.30	-11.10	-156.03	-119237.57	-3774.01	-123167.61
308	3.49	-10.84	-158.50	-131040.74	-3685.58	-134884.82
309	3.68	-10.58	-160.49	-143821.91	-3596.02	-147578.42
310	3.86	-10.31	-161.99	-157581.35	-3505.37	-161248.71
311	4.04	-10.04	-163.02	-172319.35	-3413.65	-176096.07
312	4.21	-9.77	-163.57	-188036.24	-3320.89	-192020.70
313	4.38	-9.49	-163.66	-204732.35	-3227.12	-208123.13
314	4.54	-9.21	-163.29	-223408.06	-3132.36	-225203.72

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
315	4.70	-8.93	-162.48	-16063.76	-3036.65	-19262.89
316	4.85	-8.65	-161.23	-15699.88	-2940.02	-18801.12
317	5.00	-8.36	-159.54	-15316.85	-2842.48	-18318.87
318	5.15	-8.07	-157.43	-14915.14	-2744.08	-17816.66
319	5.29	-7.78	-154.92	-14495.25	-2644.85	-17295.02
320	5.42	-7.48	-152.00	-14057.69	-2544.80	-16754.49
321	5.55	-7.19	-148.70	-13602.98	-2443.98	-16195.67
322	5.67	-6.89	-145.02	-13131.69	-2342.42	-15619.13
323	5.79	-6.59	-140.97	-12644.39	-2240.14	-15025.50
324	5.90	-6.29	-136.58	-12141.67	-2137.18	-14415.43
325	6.01	-5.98	-131.85	-11624.14	-2033.57	-13789.56
326	6.11	-5.67	-126.79	-11092.44	-1929.34	-13148.57
327	6.20	-5.37	-121.43	-10547.22	-1824.52	-12493.17
328	6.30	-5.06	-115.77	-9989.13	-1719.14	-11824.05
329	6.38	-4.74	-109.84	-9418.87	-1613.24	-11141.95
330	6.46	-4.43	-103.64	-8837.12	-1506.85	-10447.61
331	6.54	-4.12	-97.20	-8244.59	-1400.00	-9741.79
332	6.61	-3.80	-90.53	-7642.01	-1292.72	-9025.26
333	6.67	-3.49	-83.64	-7030.12	-1185.05	-8298.81
334	6.73	-3.17	-76.56	-6409.65	-1077.01	-7563.22
335	6.78	-2.85	-69.30	-5781.36	-968.65	-6819.31
336	6.83	-2.53	-61.88	-5146.03	-859.99	-6067.90
337	6.87	-2.21	-54.31	-4504.42	-751.07	-5309.81
338	6.90	-1.89	-46.62	-3857.32	-641.93	-4545.86
339	6.93	-1.57	-38.82	-3205.52	-532.58	-3776.91
340	6.96	-1.24	-30.92	-2549.81	-423.07	-3003.80
341	6.98	-0.92	-22.96	-1890.98	-313.44	-2227.39
342	6.99	-0.60	-14.95	-1229.86	-203.71	-1448.51
343	7.00	-0.28	-6.90	-567.23	-93.91	-668.04
344	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
345	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
346	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
347	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
348	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
349	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
350	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
351	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
352	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
353	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
354	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
355	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
356	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
357	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
358	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
359	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33

Harga torsi yang bekerja pada cam 4  
Cam katub buang

	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.01	-0.81	-3.53	-3577.72	-276.63	-3857.88
32	0.03	-1.63	-7.16	-7151.09	-553.17	-7711.42
33	0.06	-2.44	-11.00	-10715.73	-829.54	-11556.27
34	0.11	-3.25	-15.13	-14267.31	-1105.67	-15388.11
35	0.18	-4.06	-19.68	-17801.49	-1381.45	-19202.61
36	0.26	-4.87	-24.72	-21313.96	-1656.81	-22995.49
37	0.35	-5.68	-30.36	-24800.45	-1931.67	-26762.48
38	0.45	-6.49	-36.71	-28256.69	-2205.94	-30499.34
39	0.57	-7.29	-43.85	-31678.48	-2479.54	-34201.87
40	0.71	-8.10	-51.89	-35061.65	-2752.38	-37865.91
41	0.86	-8.90	-60.91	-38402.06	-3024.38	-41487.35
42	1.02	-9.69	-71.01	-41695.65	-3295.46	-45062.12
43	1.20	-10.49	-82.28	-44938.40	-3565.53	-48586.22
44	1.39	-11.28	-94.81	-48126.35	-3834.52	-52055.69
45	1.59	-12.07	-108.69	-51255.63	-4102.34	-55466.66
46	1.81	-12.82	-123.73	-54135.34	-4359.35	-58618.42
47	2.06	-12.59	-130.80	-56103.33	-4279.51	-59513.65
48	2.28	-12.35	-136.26	-56051.68	-4198.38	-59386.31
49	2.49	-12.11	-141.21	-55980.46	-4115.96	-59237.63
50	2.70	-11.86	-145.66	-55889.75	-4032.29	-59067.70
51	2.90	-11.61	-149.61	-55779.67	-3947.39	-58876.68
52	3.10	-11.36	-153.07	-55650.35	-3861.29	-58664.71
53	3.30	-11.10	-156.03	-55501.94	-3774.01	-58431.98
54	3.49	-10.84	-158.50	-55334.63	-3685.58	-58178.72
55	3.68	-10.58	-160.49	-55148.63	-3596.02	-57905.14
56	3.86	-10.31	-161.99	-54944.15	-3505.37	-57611.52
57	4.04	-10.04	-163.02	-54721.46	-3413.65	-57298.12
58	4.21	-9.77	-163.57	-54480.81	-3320.89	-56965.27
59	4.38	-9.49	-163.66	-54222.50	-3227.12	-56613.28
60	4.54	-9.21	-163.29	-53946.86	-3132.36	-56242.51
61	4.70	-8.93	-162.48	-53654.20	-3036.65	-55853.33
62	4.85	-8.65	-161.23	-53344.90	-2940.02	-55446.14
63	5.00	-8.36	-159.54	-53019.33	-2842.48	-55021.35
64	5.15	-8.07	-157.43	-52677.88	-2744.08	-54579.40
65	5.29	-7.78	-154.92	-52320.97	-2644.85	-54120.74
66	5.42	-7.48	-152.00	-51949.04	-2544.80	-53645.85
67	5.55	-7.19	-148.70	-51562.54	-2443.98	-53155.22

LANJUTAN

	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
68	5.67	-6.89	-145.02	-11161.94	-2342.42	-13649.38
69	5.79	-6.59	-140.97	-10747.74	-2240.14	-13128.85
70	5.90	-6.29	-136.58	-10320.42	-2137.18	-12594.18
71	6.01	-5.98	-131.85	-9880.53	-2033.57	-12045.94
72	6.11	-5.67	-126.79	-9428.58	-1929.34	-11484.71
73	6.20	-5.37	-121.43	-8965.14	-1824.52	-10911.09
74	6.30	-5.06	-115.77	-8490.77	-1719.14	-10325.68
75	6.38	-4.74	-109.84	-8006.04	-1613.24	-9729.12
76	6.46	-4.43	-103.64	-7511.55	-1506.85	-9122.05
77	6.54	-4.12	-97.20	-7007.91	-1400.00	-8505.11
78	6.61	-3.80	-90.53	-6495.71	-1292.72	-7878.96
79	6.67	-3.49	-83.64	-5975.60	-1185.05	-7244.29
80	6.73	-3.17	-76.56	-5448.20	-1077.01	-6601.78
81	6.78	-2.85	-69.30	-4914.16	-968.65	-5952.11
82	6.83	-2.53	-61.88	-4374.13	-859.99	-5296.00
83	6.87	-2.21	-54.31	-3828.76	-751.07	-4634.14
84	6.90	-1.89	-46.62	-3278.72	-641.93	-3967.27
85	6.93	-1.57	-38.82	-2724.69	-532.58	-3296.09
86	6.96	-1.24	-30.92	-2167.34	-423.07	-2621.33
87	6.98	-0.92	-22.96	-1607.34	-313.44	-1943.74
88	6.99	-0.60	-14.95	-1045.38	-203.71	-1264.03
89	7.00	-0.28	-6.90	-482.15	-93.91	-582.96
90	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
91	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
92	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
93	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
94	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
95	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
96	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
97	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
98	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
99	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
100	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
101	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
102	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
103	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
104	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
105	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
106	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
107	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
108	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
109	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
110	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
111	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58

LANJUTAN

	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
112	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75
113	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
114	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
115	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
116	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
117	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
118	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
119	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
120	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
121	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
122	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
123	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
124	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
125	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
126	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
127	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
128	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
129	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
130	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
131	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
132	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
133	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
134	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
135	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
136	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
137	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
138	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
139	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
140	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
141	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
142	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
143	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
144	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
145	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
146	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
147	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
148	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
149	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
151	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
358	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Harga torsi yang bekerja pada cam 5  
Cam katub buang

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
209	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
211	0.01	-0.81	-3.53	-3577.72	-276.63	-3857.88
212	0.03	-1.63	-7.16	-7151.09	-553.17	-7711.42
213	0.06	-2.44	-11.00	-10715.73	-829.54	-11556.27
214	0.11	-3.25	-15.13	-14267.31	-1105.67	-15388.11
215	0.18	-4.06	-19.68	-17801.49	-1381.45	-19202.61
216	0.26	-4.87	-24.72	-21313.96	-1656.81	-22995.49
217	0.35	-5.68	-30.36	-24800.45	-1931.67	-26762.48
218	0.45	-6.49	-36.71	-28256.69	-2205.94	-30499.34
219	0.57	-7.29	-43.85	-31678.48	-2479.54	-34201.87
220	0.71	-8.10	-51.89	-35061.65	-2752.38	-37865.91
221	0.86	-8.90	-60.91	-38402.06	-3024.38	-41487.35
222	1.02	-9.69	-71.01	-41695.65	-3295.46	-45062.12
223	1.20	-10.49	-82.28	-44938.40	-3565.53	-48586.22
224	1.39	-11.28	-94.81	-48126.35	-3834.52	-52055.69
225	1.59	-12.07	-108.69	-51255.63	-4102.34	-55466.66
226	1.81	-12.82	-123.73	-54335.34	-4359.35	-58905.42
227	2.06	-12.59	-130.80	-57363.33	-4629.51	-62453.65
228	2.28	-12.35	-136.26	-60351.68	-4898.38	-66026.31
229	2.49	-12.11	-141.21	-63300.46	-5165.96	-69623.63
230	2.70	-11.86	-145.66	-66219.75	-5432.29	-73247.70
231	2.90	-11.61	-149.61	-69109.67	-5697.39	-76897.68
232	3.10	-11.36	-153.07	-71970.35	-5961.29	-80574.71
233	3.30	-11.10	-156.03	-74801.94	-6224.01	-84277.98
234	3.49	-10.84	-158.50	-77604.63	-6485.58	-88005.72
235	3.68	-10.58	-160.49	-80378.63	-6746.02	-91755.14
236	3.86	-10.31	-161.99	-83124.15	-7005.37	-95529.52
237	4.04	-10.04	-163.02	-85841.46	-7263.65	-99324.12
238	4.21	-9.77	-163.57	-88530.81	-7520.89	-103135.27
239	4.38	-9.49	-163.66	-91202.50	-7777.12	-106962.28
240	4.54	-9.21	-163.29	-93856.86	-8032.36	-110809.51
241	4.70	-8.93	-162.48	-96494.20	-8286.65	-114677.33
242	4.85	-8.65	-161.23	-99114.90	-8540.02	-118566.14
243	5.00	-8.36	-159.54	-101719.33	-8792.48	-122476.35
244	5.15	-8.07	-157.43	-104307.88	-9044.08	-126408.40
245	5.29	-7.78	-154.92	-106880.97	-9294.85	-130362.74
246	5.42	-7.48	-152.00	-109439.04	-9544.80	-134335.85
247	5.55	-7.19	-148.70	-111982.54	-9793.98	-138329.22



LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
248	5.67	-6.89	-145.02	-11161.94	-2342.42	-13649.38
249	5.79	-6.59	-140.97	-10747.74	-2240.14	-13128.85
250	5.90	-6.29	-136.58	-10320.42	-2137.18	-12594.18
251	6.01	-5.98	-131.85	-9880.53	-2033.57	-12045.94
252	6.11	-5.67	-126.79	-9428.58	-1929.34	-11484.71
253	6.20	-5.37	-121.43	-8965.14	-1824.52	-10911.09
254	6.30	-5.06	-115.77	-8490.77	-1719.14	-10325.68
255	6.38	-4.74	-109.84	-8006.04	-1613.24	-9729.12
256	6.46	-4.43	-103.64	-7511.55	-1506.85	-9122.05
257	6.54	-4.12	-97.20	-7007.91	-1400.00	-8505.11
258	6.61	-3.80	-90.53	-6495.71	-1292.72	-7878.96
259	6.67	-3.49	-83.64	-5975.60	-1185.05	-7244.29
260	6.73	-3.17	-76.56	-5448.20	-1077.01	-6601.78
261	6.78	-2.85	-69.30	-4914.16	-968.65	-5952.11
262	6.83	-2.53	-61.88	-4374.13	-859.99	-5296.00
263	6.87	-2.21	-54.31	-3828.76	-751.07	-4634.14
264	6.90	-1.89	-46.62	-3278.72	-641.93	-3967.27
265	6.93	-1.57	-38.82	-2724.69	-532.58	-3296.09
266	6.96	-1.24	-30.92	-2167.34	-423.07	-2621.33
267	6.98	-0.92	-22.96	-1607.34	-313.44	-1943.74
268	6.99	-0.60	-14.95	-1045.38	-203.71	-1264.03
269	7.00	-0.28	-6.90	-482.15	-93.91	-582.96
270	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
271	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
272	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
273	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
274	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
275	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
276	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
277	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
278	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
279	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
280	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
281	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
282	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
283	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
284	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
285	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
286	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
287	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
288	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
289	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
290	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
291	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58
292	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75

LANJUTAN

	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
293	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
294	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
295	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
296	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
297	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
298	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
299	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
300	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
301	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
302	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
303	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
304	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
305	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
306	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
307	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
308	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
309	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
310	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
311	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
312	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
313	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
314	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
315	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
316	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
317	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
318	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
319	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.24
320	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
321	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
322	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
323	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
324	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
325	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
326	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
327	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
328	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
329	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
358	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Harga torsi yang bekerja pada cam 6  
Cam katub masuk

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
103	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
104	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	0.01	-0.81	-3.53	-4209.09	-276.63	-4489.25
106	0.03	-1.63	-7.16	-8413.04	-553.17	-8973.37
107	0.06	-2.44	-11.00	-12606.74	-829.54	-13447.28
108	0.11	-3.25	-15.13	-16785.06	-1105.67	-17905.86
109	0.18	-4.06	-19.68	-20942.92	-1381.45	-22344.05
110	0.26	-4.87	-24.72	-25075.24	-1656.81	-26756.78
111	0.35	-5.68	-30.36	-29176.99	-1931.67	-31139.03
112	0.45	-6.49	-36.71	-33243.16	-2205.94	-35485.81
113	0.57	-7.29	-43.85	-37268.80	-2479.54	-39792.19
114	0.71	-8.10	-51.89	-41248.99	-2752.38	-44053.26
115	0.86	-8.90	-60.91	-45178.89	-3024.38	-48264.18
116	1.02	-9.69	-71.01	-49053.70	-3295.46	-52420.17
117	1.20	-10.49	-82.28	-52868.70	-3565.53	-56516.51
118	1.39	-11.28	-94.81	-56619.26	-3834.52	-60548.57
119	1.59	-12.07	-108.69	-60300.73	-4102.34	-64511.76
120	1.81	-12.85	-124.00	-63908.70	-4368.91	-68401.61
121	2.06	-13.59	-130.80	-67445.08	-4629.51	-72355.40
122	2.33	-14.35	-138.26	-70914.32	-4884.38	-76218.95
123	2.61	-15.11	-146.21	-74317.53	-5133.96	-80057.70
124	2.90	-15.86	-154.66	-77655.82	-5377.29	-83871.77
125	3.20	-16.61	-163.61	-80929.31	-5614.39	-87651.31
126	3.50	-17.36	-173.07	-84137.16	-5845.29	-91396.52
127	3.80	-18.10	-183.03	-87279.57	-6070.01	-95107.61
128	4.10	-18.84	-193.50	-90356.74	-6288.58	-98784.82
129	4.40	-19.58	-204.49	-93368.91	-6499.02	-102428.42
130	4.70	-20.31	-216.99	-96316.35	-6702.37	-106040.71
131	5.00	-21.04	-230.02	-99200.35	-6898.65	-109619.02
132	5.30	-21.77	-243.57	-102021.24	-7087.89	-113166.70
133	5.60	-22.49	-257.66	-104779.35	-7269.12	-116684.13
134	5.90	-23.21	-272.29	-107475.06	-7442.36	-120172.72
135	6.20	-23.93	-287.48	-110108.76	-7607.65	-123636.89
136	6.50	-24.65	-303.23	-112680.88	-7764.02	-127077.12
137	6.80	-25.36	-319.54	-115191.85	-7911.48	-130494.87
138	7.10	-26.07	-336.43	-117642.14	-8050.08	-133889.66
139	7.40	-26.78	-353.92	-120032.25	-8179.85	-137262.02
140	7.70	-27.48	-372.00	-122362.69	-8300.80	-140614.49
141	8.00	-28.19	-390.70	-124633.98	-8412.98	-143946.67

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
142	5.67	-6.89	-145.02	-13131.69	-2342.42	-15619.13
143	5.79	-6.59	-140.97	-12644.39	-2240.14	-15025.50
144	5.90	-6.29	-136.58	-12141.67	-2137.18	-14415.43
145	6.01	-5.98	-131.85	-11624.14	-2033.57	-13789.56
146	6.11	-5.67	-126.79	-11092.44	-1929.34	-13148.57
147	6.20	-5.37	-121.43	-10547.22	-1824.52	-12493.17
148	6.30	-5.06	-115.77	-9989.13	-1719.14	-11824.05
149	6.38	-4.74	-109.84	-9418.87	-1613.24	-11141.95
150	6.46	-4.43	-103.64	-8837.12	-1506.85	-10447.61
151	6.54	-4.12	-97.20	-8244.59	-1400.00	-9741.79
152	6.61	-3.80	-90.53	-7642.01	-1292.72	-9025.26
153	6.67	-3.49	-83.64	-7030.12	-1185.05	-8298.81
154	6.73	-3.17	-76.56	-6409.65	-1077.01	-7563.22
155	6.78	-2.85	-69.30	-5781.36	-968.65	-6819.31
156	6.83	-2.53	-61.88	-5146.03	-859.99	-6067.90
157	6.87	-2.21	-54.31	-4504.42	-751.07	-5309.81
158	6.90	-1.89	-46.62	-3857.32	-641.93	-4545.86
159	6.93	-1.57	-38.82	-3205.52	-532.58	-3776.91
160	6.96	-1.24	-30.92	-2549.81	-423.07	-3003.80
161	6.98	-0.92	-22.96	-1890.98	-313.44	-2227.39
162	6.99	-0.60	-14.95	-1229.86	-203.71	-1448.51
163	7.00	-0.28	-6.90	-567.23	-93.91	-668.04
164	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
165	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
166	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
167	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
168	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
169	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
170	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
171	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
172	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
173	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
174	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
175	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
176	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
177	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
178	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
179	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
180	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
181	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
182	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
183	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
184	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
185	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58
186	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
187	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
188	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
189	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
190	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
191	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
192	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
193	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
194	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
195	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
196	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
197	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
198	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
199	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
200	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
201	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
202	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
203	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
204	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
205	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
206	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
207	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
208	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
209	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
210	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
211	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
212	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
213	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
214	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
215	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
216	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
217	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
218	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
219	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
220	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
221	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
222	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
223	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
224	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
225	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
358	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Harga torsi yang bekerja pada cam 7  
Cam katub masuk

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.01	-0.81	-3.53	-4209.09	-276.63	-4489.25
16	0.03	-1.63	-7.16	-8413.04	-553.17	-8973.37
17	0.06	-2.44	-11.00	-12606.74	-829.54	-13447.28
18	0.11	-3.25	-15.13	-16785.06	-1105.67	-17905.86
19	0.18	-4.06	-19.68	-20942.92	-1381.45	-22344.05
20	0.26	-4.87	-24.72	-25075.24	-1656.81	-26756.78
21	0.35	-5.68	-30.36	-29176.99	-1931.67	-31139.03
22	0.45	-6.49	-36.71	-33243.16	-2205.94	-35485.81
23	0.57	-7.29	-43.85	-37268.80	-2479.54	-39792.19
24	0.71	-8.10	-51.89	-41248.99	-2752.38	-44053.26
25	0.86	-8.90	-60.91	-45178.89	-3024.38	-48264.18
26	1.02	-9.69	-71.01	-49053.70	-3295.46	-52420.17
27	1.20	-10.49	-82.28	-52868.70	-3565.53	-56516.51
28	1.39	-11.28	-94.81	-56619.23	-3834.52	-60548.57
29	1.59	-12.07	-108.69	-60300.73	-4102.34	-64511.76
30	1.81	-12.85	-124.00	-63908.70	-4368.91	-68401.61
31	2.06	-12.59	-130.80	-67945.08	-4679.51	-72355.40
32	2.28	-12.35	-136.26	-72884.32	-5049.38	-76321.95
33	2.49	-12.11	-141.21	-78800.53	-5485.96	-80357.70
34	2.70	-11.86	-145.66	-8593.82	-6032.29	-84471.77
35	2.90	-11.61	-149.61	-94564.31	-6647.39	-88661.31
36	3.10	-11.36	-153.07	-10412.16	-7361.29	-92926.52
37	3.30	-11.10	-156.03	-11427.57	-8174.01	-97267.61
38	3.49	-10.84	-158.50	-12500.74	-9085.58	-101684.82
39	3.68	-10.58	-160.49	-13621.91	-10096.02	-106178.42
40	3.86	-10.31	-161.99	-14781.35	-11205.37	-110743.71
41	4.04	-10.04	-163.02	-15919.35	-12313.65	-115376.02
42	4.21	-9.77	-163.57	-17036.24	-13420.89	-120020.70
43	4.38	-9.49	-163.66	-18132.35	-14527.12	-124673.13
44	4.54	-9.21	-163.29	-19208.06	-15632.36	-129333.72
45	4.70	-8.93	-162.48	-20263.76	-16736.65	-133992.89
46	4.85	-8.65	-161.23	-21299.88	-17840.02	-138651.12
47	5.00	-8.36	-159.54	-22316.85	-18942.48	-143318.87
48	5.15	-8.07	-157.43	-23315.14	-20044.08	-147986.66
49	5.29	-7.78	-154.92	-24295.25	-21144.85	-152655.02
50	5.42	-7.48	-152.00	-25257.69	-22244.80	-157323.49
51	5.55	-7.19	-148.70	-26192.98	-23343.98	-161986.67
52	5.67	-6.89	-145.02	-27101.69	-24442.42	-166645.13
53	5.79	-6.59	-140.97	-27984.39	-25540.14	-171295.50

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
54	5.90	-6.29	-136.50	-12141.67	-2137.18	-14415.43
55	6.01	-5.98	-131.85	-11624.14	-2033.57	-13789.56
56	6.11	-5.67	-126.79	-11092.44	-1929.34	-13148.57
57	6.20	-5.37	-121.43	-10547.22	-1824.52	-12493.17
58	6.30	-5.06	-115.77	-9989.13	-1719.14	-11824.05
59	6.38	-4.74	-109.84	-9418.87	-1613.24	-11141.95
60	6.46	-4.43	-103.64	-8837.12	-1506.85	-10447.61
61	6.54	-4.12	-97.20	-8244.59	-1400.00	-9741.79
62	6.61	-3.80	-90.53	-7642.01	-1292.72	-9025.26
63	6.67	-3.49	-83.64	-7030.12	-1185.05	-8298.81
64	6.73	-3.17	-76.56	-6409.65	-1077.01	-7563.22
65	6.78	-2.85	-69.30	-5781.36	-968.65	-6819.31
66	6.83	-2.53	-61.88	-5146.03	-859.99	-6067.90
67	6.87	-2.21	-54.31	-4504.42	-751.07	-5309.81
68	6.90	-1.89	-46.62	-3857.32	-641.93	-4545.86
69	6.93	-1.57	-38.82	-3205.52	-532.58	-3776.91
70	6.96	-1.24	-30.92	-2549.81	-423.07	-3003.80
71	6.98	-0.92	-22.96	-1890.98	-313.44	-2227.39
72	6.99	-0.60	-14.95	-1229.86	-203.71	-1448.51
73	7.00	-0.28	-6.90	-567.23	-93.91	-668.04
74	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
76	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
77	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
78	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
79	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
80	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
81	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
82	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
83	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
84	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
85	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
86	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
87	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
88	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
89	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
90	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
91	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
92	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
93	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
94	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
95	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58
96	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
97	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
98	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
99	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
100	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
101	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
102	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
103	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
104	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
105	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
106	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
107	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
108	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
109	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
110	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
111	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
112	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
113	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
114	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
115	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
116	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
117	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
118	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
119	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
120	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
121	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
122	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
123	0.84	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
124	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
125	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
126	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
127	0.35	5.68	30.34	0.00	1931.67	1962.04
128	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
129	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
130	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
131	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
132	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
133	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
134	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
358	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Harga torsi yang bekerja pada cam 8  
Cam katub buang

	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
119	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
121	0.01	-0.81	-3.53	-3577.72	-276.63	-3857.88
122	0.03	-1.63	-7.16	-7151.09	-553.17	-7711.42
123	0.06	-2.44	-11.00	-10715.73	-829.54	-11556.27
124	0.11	-3.25	-15.13	-14267.31	-1105.67	-15388.11
125	0.18	-4.06	-19.68	-17801.49	-1381.45	-19202.61
126	0.26	-4.87	-24.72	-21313.96	-1656.81	-22995.49
127	0.35	-5.68	-30.36	-24800.45	-1931.67	-26762.48
128	0.45	-6.49	-36.71	-28256.69	-2205.94	-30499.34
129	0.57	-7.29	-43.85	-31678.48	-2479.54	-34201.87
130	0.71	-8.10	-51.89	-35061.65	-2752.38	-37865.91
131	0.86	-8.90	-60.91	-38402.06	-3024.38	-41487.35
132	1.02	-9.69	-71.01	-41695.65	-3295.46	-45062.12
133	1.20	-10.49	-82.28	-44938.40	-3565.53	-48586.22
134	1.39	-11.28	-94.81	-48126.35	-3834.52	-52055.69
135	1.59	-12.07	-108.69	-51255.63	-4102.34	-55466.66
136	1.81	-12.82	-123.73	-54315.34	-4359.35	-58918.42
137	2.06	-12.59	-130.80	-56103.33	-4279.51	-60513.65
138	2.28	-12.35	-136.26	-56051.68	-4198.38	-60386.31
139	2.49	-12.11	-141.21	-55980.46	-4115.96	-60237.63
140	2.70	-11.86	-145.66	-55889.75	-4032.29	-60067.70
141	2.90	-11.61	-149.61	-55779.67	-3947.39	-59876.68
142	3.10	-11.36	-153.07	-55650.35	-3861.29	-59664.71
143	3.30	-11.10	-156.03	-55501.94	-3774.01	-59431.98
144	3.49	-10.84	-158.50	-55334.63	-3685.58	-59178.72
145	3.68	-10.58	-160.49	-55148.63	-3596.02	-58905.14
146	3.86	-10.31	-161.99	-54944.15	-3505.37	-58611.52
147	4.04	-10.04	-163.02	-54721.46	-3413.65	-58298.12
148	4.21	-9.77	-163.57	-54480.81	-3320.89	-57965.27
149	4.38	-9.49	-163.66	-54222.50	-3227.12	-57613.28
150	4.54	-9.21	-163.29	-53946.86	-3132.36	-57242.51
151	4.70	-8.93	-162.48	-53654.20	-3036.65	-56853.33
152	4.85	-8.65	-161.23	-53344.90	-2940.02	-56446.14
153	5.00	-8.36	-159.54	-53019.33	-2842.48	-56021.35
154	5.15	-8.07	-157.43	-52677.88	-2744.08	-55579.40
155	5.29	-7.78	-154.92	-52320.97	-2644.85	-55120.74
156	5.42	-7.48	-152.00	-51949.04	-2544.80	-54645.85
157	5.55	-7.19	-148.70	-51562.54	-2443.98	-54155.22

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
158	5.67	-6.89	-145.02	-11161.94	-2342.42	-13649.38
159	5.79	-6.59	-140.97	-10747.74	-2240.14	-13128.85
160	5.90	-6.29	-136.58	-10320.42	-2137.18	-12594.18
161	6.01	-5.98	-131.85	-9880.53	-2033.57	-12045.94
162	6.11	-5.67	-126.79	-9428.58	-1929.34	-11484.71
163	6.20	-5.37	-121.43	-8965.14	-1824.52	-10911.09
164	6.30	-5.06	-115.77	-8490.77	-1719.14	-10325.68
165	6.38	-4.74	-109.84	-8006.04	-1613.24	-9729.12
166	6.46	-4.43	-103.64	-7511.55	-1506.85	-9122.05
167	6.54	-4.12	-97.20	-7007.91	-1400.00	-8505.11
168	6.61	-3.80	-90.53	-6495.71	-1292.72	-7879.96
169	6.67	-3.49	-83.64	-5975.60	-1185.05	-7244.29
170	6.73	-3.17	-76.56	-5448.20	-1077.01	-6601.78
171	6.78	-2.85	-69.30	-4914.16	-968.65	-5952.11
172	6.83	-2.53	-61.88	-4374.13	-859.99	-5296.00
173	6.87	-2.21	-54.31	-3828.76	-751.07	-4634.14
174	6.90	-1.89	-46.62	-3278.72	-641.93	-3967.27
175	6.93	-1.57	-38.82	-2724.69	-532.58	-3296.09
176	6.96	-1.24	-30.92	-2167.34	-423.07	-2621.33
177	6.98	-0.92	-22.96	-1607.34	-313.44	-1943.74
178	6.99	-0.60	-14.95	-1045.38	-203.71	-1264.03
179	7.00	-0.28	-6.90	-482.15	-93.91	-582.96
180	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
181	7.00	0.32	8.06	0.00	109.82	117.88
182	6.99	0.65	16.11	0.00	219.61	235.72
183	6.97	0.97	24.12	0.00	329.33	353.44
184	6.95	1.29	32.07	0.00	438.94	471.02
185	6.93	1.61	39.95	0.00	548.43	588.38
186	6.90	1.93	47.74	0.00	657.75	705.49
187	6.86	2.26	55.41	0.00	766.87	822.28
188	6.82	2.58	62.96	0.00	875.75	938.71
189	6.77	2.90	70.36	0.00	984.37	1054.73
190	6.72	3.21	77.60	0.00	1092.68	1170.28
191	6.66	3.53	84.65	0.00	1200.67	1285.32
192	6.60	3.85	91.51	0.00	1308.28	1399.79
193	6.53	4.16	98.15	0.00	1415.50	1513.65
194	6.45	4.48	104.56	0.00	1522.29	1626.85
195	6.37	4.79	110.72	0.00	1628.61	1739.33
196	6.28	5.10	116.61	0.00	1734.44	1851.05
197	6.19	5.41	122.23	0.00	1839.74	1961.96
198	6.09	5.72	127.54	0.00	1944.47	2072.02
199	5.99	6.03	132.55	0.00	2048.62	2181.17
200	5.88	6.33	137.23	0.00	2152.14	2289.37
201	5.77	6.63	141.58	0.00	2255.00	2396.58

LANJUTAN

sudut	lift	lengan	torsi pegas	torsi inersia	torsi tekanan	total torsi
202	5.65	6.93	145.57	0.00	2357.18	2502.75
203	5.53	7.23	149.20	0.00	2458.63	2607.83
204	5.40	7.53	152.45	0.00	2559.34	2711.79
205	5.27	7.82	155.31	0.00	2659.27	2814.58
206	5.13	8.11	157.76	0.00	2758.39	2916.15
207	4.98	8.40	159.81	0.00	2856.66	3016.47
208	4.83	8.69	161.43	0.00	2954.07	3115.50
209	4.68	8.97	162.63	0.00	3050.57	3213.20
210	4.52	9.25	163.38	0.00	3146.15	3309.52
211	4.36	9.53	163.68	0.00	3240.76	3404.44
212	4.19	9.81	163.52	0.00	3334.39	3497.91
213	4.01	10.08	162.90	0.00	3427.00	3589.90
214	3.83	10.35	161.80	0.00	3518.57	3680.37
215	3.65	10.61	160.23	0.00	3609.06	3769.29
216	3.46	10.88	158.18	0.00	3698.46	3856.63
217	3.27	11.14	155.63	0.00	3786.72	3942.36
218	3.08	11.39	152.60	0.00	3873.83	4026.43
219	2.87	11.65	149.07	0.00	3959.76	4108.84
220	2.67	11.90	145.05	0.00	4044.49	4189.53
221	2.46	12.14	140.52	0.00	4127.98	4268.50
222	2.24	12.38	135.50	0.00	4210.21	4345.71
223	2.03	12.62	129.97	0.00	4291.16	4421.13
224	1.80	12.86	123.95	0.00	4370.80	4494.75
225	1.59	12.07	108.69	0.00	4102.34	4211.03
226	1.39	11.28	94.81	0.00	3834.52	3929.33
227	1.20	10.49	82.28	0.00	3565.53	3647.81
228	1.02	9.69	71.01	0.00	3295.46	3366.47
229	0.86	8.90	60.91	0.00	3024.38	3085.29
230	0.71	8.10	51.89	0.00	2752.38	2804.26
231	0.57	7.29	43.85	0.00	2479.54	2523.39
232	0.45	6.49	36.71	0.00	2205.94	2242.65
233	0.35	5.68	30.36	0.00	1931.67	1962.04
234	0.26	4.87	24.72	0.00	1656.81	1681.53
235	0.18	4.06	19.68	0.00	1381.45	1401.13
236	0.11	3.25	15.13	0.00	1105.67	1120.80
237	0.06	2.44	11.00	0.00	829.54	840.54
238	0.03	1.63	7.16	0.00	553.17	560.33
239	0.01	0.81	3.53	0.00	276.63	280.16
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
241	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
358	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
359	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RESULTAN TORSI PADA POROS

sudut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torsi
0.00	0.00	0.00	1851.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1851.05
1.00	117.88	0.00	1961.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2079.84
2.00	235.72	0.00	2072.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2307.74
3.00	353.44	0.00	2181.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2534.61
4.00	471.02	0.00	2289.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2760.39
5.00	588.38	0.00	2396.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2984.96
6.00	705.49	0.00	2502.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3208.24
7.00	822.28	0.00	2607.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3430.11
8.00	938.71	0.00	2711.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3650.50
9.00	1054.73	0.00	2814.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3869.31
10.00	1170.28	0.00	2916.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4086.43
11.00	1285.32	0.00	3016.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4301.79
12.00	1399.79	0.00	3115.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4515.29
13.00	1513.65	0.00	3213.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4726.85
14.00	1626.85	0.00	3309.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4936.37
15.00	1739.33	0.00	3404.44	0.00	0.00	0.00	-4489.25	0.00	654.52
16.00	1851.05	0.00	3497.91	0.00	0.00	0.00	-8979.37	0.00	-3624.41
17.00	1961.96	0.00	3589.90	0.00	0.00	0.00	-13447.28	0.00	-7895.42
18.00	2072.02	0.00	3680.37	0.00	0.00	0.00	-17905.86	0.00	-12153.47
19.00	2181.17	0.00	3769.29	0.00	0.00	0.00	-22344.05	0.00	-16393.59
20.00	2289.37	0.00	3856.63	0.00	0.00	0.00	-26756.78	0.00	-20610.78
21.00	2396.58	0.00	3942.36	0.00	0.00	0.00	-31139.03	0.00	-24800.09
22.00	2502.75	0.00	4026.43	0.00	0.00	0.00	-35485.81	0.00	-28956.63
23.00	2607.83	0.00	4108.84	0.00	0.00	0.00	-39792.19	0.00	-33075.52
24.00	2711.79	0.00	4189.53	0.00	0.00	0.00	-44053.26	0.00	-37151.94
25.00	2814.58	0.00	4268.50	0.00	0.00	0.00	-48264.18	0.00	-41181.10
26.00	2916.15	0.00	4345.71	0.00	0.00	0.00	-52420.17	0.00	-45158.31
27.00	3016.47	0.00	4421.13	0.00	0.00	0.00	-56516.51	0.00	-49078.91
28.00	3115.50	0.00	4494.75	0.00	0.00	0.00	-60548.57	0.00	-52938.32
29.00	3213.20	0.00	4211.03	0.00	0.00	0.00	-64511.76	0.00	-57087.53
30.00	3309.52	0.00	3929.33	0.00	0.00	0.00	-68401.61	0.00	-61162.76
31.00	3404.44	0.00	3647.81	-3857.88	0.00	0.00	-23355.40	0.00	-20161.03
32.00	3497.91	0.00	3366.47	-7711.42	0.00	0.00	-23218.95	0.00	-24065.99
33.00	3589.90	0.00	3085.29	-11556.27	0.00	0.00	-23057.70	0.00	-27938.78
34.00	3680.37	0.00	2804.26	-15388.27	0.00	0.00	-22871.77	0.00	-31775.41
35.00	3769.29	0.00	2523.39	-19202.61	0.00	0.00	-22661.31	0.00	-35571.24
36.00	3856.63	0.00	2242.65	-22995.49	0.00	0.00	-22426.52	0.00	-39322.73
37.00	3942.36	0.00	1962.04	-26762.48	0.00	0.00	-22167.61	0.00	-43025.69
38.00	4026.43	0.00	1681.53	-30499.34	0.00	0.00	-21884.82	0.00	-46676.20
39.00	4189.53	0.00	1401.13	-34201.87	0.00	0.00	-21578.42	0.00	-50189.63

sudut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torsi
40.00	4189.53	0.00	1120.80	-37865.91	0.00	0.00	-21248.71	0.00	-53804.29
41.00	4268.50	0.00	840.54	-41487.35	0.00	0.00	-20896.02	0.00	-57274.33
42.00	4345.71	0.00	560.33	-45062.12	0.00	0.00	-20520.70	0.00	-60676.78
43.00	4421.13	0.00	280.16	-48586.22	0.00	0.00	-20123.13	0.00	-64008.06
44.00	4494.75	0.00	0.00	-52055.69	0.00	0.00	-19703.72	0.00	-67264.66
45.00	4211.03	0.00	0.00	-55466.66	0.00	0.00	-19262.89	0.00	-70518.52
46.00	3929.33	0.00	0.00	-20618.42	0.00	0.00	-18801.12	0.00	-35490.21
47.00	3647.81	0.00	0.00	-20513.65	0.00	0.00	-18318.87	0.00	-35184.71
48.00	3366.47	0.00	0.00	-20386.31	0.00	0.00	-17816.66	0.00	-34836.50
49.00	3085.29	0.00	0.00	-20197.63	0.00	0.00	-17295.02	0.00	-34347.36
50.00	2804.26	0.00	0.00	-20067.70	0.00	0.00	-16754.49	0.00	-34017.93
51.00	2523.39	0.00	0.00	-19876.68	0.00	0.00	-16195.67	0.00	-33548.96
52.00	2242.65	0.00	0.00	-19664.71	0.00	0.00	-15619.13	0.00	-33041.19
53.00	1962.04	0.00	0.00	-19431.98	0.00	0.00	-15025.50	0.00	-32495.44
54.00	1681.53	0.00	0.00	-19178.72	0.00	0.00	-14415.43	0.00	-31912.62
55.00	1401.13	0.00	0.00	-18905.14	0.00	0.00	-13789.56	0.00	-31293.57
56.00	1120.80	0.00	0.00	-18611.52	0.00	0.00	-13148.57	0.00	-30639.29
57.00	840.54	0.00	0.00	-18298.12	0.00	0.00	-12493.17	0.00	-29950.75
58.00	560.33	0.00	0.00	-17965.27	0.00	0.00	-13006.05	0.00	-30410.99
59.00	280.16	0.00	0.00	-17613.28	0.00	0.00	-11141.95	0.00	-28475.07
60.00	0.00	0.00	0.00	-17242.51	0.00	0.00	-10447.61	0.00	-27690.12
61.00	0.00	0.00	0.00	-16853.33	0.00	0.00	-9741.79	0.00	-26595.12
62.00	0.00	0.00	0.00	-16021.35	0.00	0.00	-9025.26	0.00	-25046.61
63.00	0.00	0.00	0.00	-15579.40	0.00	0.00	-8298.81	0.00	-23878.21
64.00	0.00	0.00	0.00	-15120.74	0.00	0.00	-7563.22	0.00	-22683.96
65.00	0.00	0.00	0.00	-14155.22	0.00	0.00	-6819.31	0.00	-20974.53
66.00	0.00	0.00	0.00	-13645.85	0.00	0.00	-6067.90	0.00	-19713.75
67.00	0.00	0.00	0.00	-14155.22	0.00	0.00	-5309.81	0.00	-19465.03
68.00	0.00	0.00	0.00	-13649.38	0.00	0.00	-4545.86	0.00	-18195.24
69.00	0.00	0.00	0.00	-13128.85	0.00	0.00	-3776.91	0.00	-16905.76
70.00	0.00	0.00	0.00	-12594.18	0.00	0.00	-3003.80	0.00	-15597.98
71.00	0.00	0.00	0.00	-12045.94	0.00	0.00	-2227.39	0.00	-14273.33
72.00	0.00	0.00	0.00	-11484.71	0.00	0.00	-1448.51	0.00	-12933.22
73.00	0.00	0.00	0.00	-10911.09	0.00	0.00	-668.04	0.00	-11579.13
74.00	0.00	0.00	0.00	-10325.68	0.00	0.00	0.00	0.00	-10325.68
75.00	0.00	0.00	0.00	-9729.12	0.00	0.00	117.88	0.00	-9611.24
76.00	0.00	0.00	0.00	-9122.05	0.00	0.00	235.72	0.00	-8886.33
77.00	0.00	0.00	0.00	-8505.11	0.00	0.00	353.44	0.00	-8151.67
78.00	0.00	0.00	0.00	-7878.96	0.00	0.00	471.02	0.00	-7407.94
79.00	0.00	0.00	0.00	-7244.29	0.00	0.00	588.38	0.00	-6655.91
80.00	0.00	0.00	0.00	-6601.78	0.00	0.00	705.49	0.00	-5896.29

sudut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torsi
81.00	0.00	0.00	0.00	-5952.11	0.00	0.00	822.28	0.00	-5129.83
82.00	0.00	0.00	0.00	-5296.00	0.00	0.00	938.71	0.00	-4357.29
83.00	0.00	0.00	0.00	-4634.14	0.00	0.00	1054.73	0.00	-3579.41
84.00	0.00	0.00	0.00	-3967.27	0.00	0.00	1170.28	0.00	-2796.99
85.00	0.00	0.00	0.00	-3296.09	0.00	0.00	1285.32	0.00	-2010.77
86.00	0.00	0.00	0.00	-2621.33	0.00	0.00	1399.79	0.00	-1221.54
87.00	0.00	0.00	0.00	-1943.74	0.00	0.00	1513.65	0.00	-430.09
88.00	0.00	0.00	0.00	-1264.03	0.00	0.00	1626.85	0.00	362.82
89.00	0.00	0.00	0.00	-582.96	0.00	0.00	1739.33	0.00	1156.37
90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1851.05	0.00	1851.05
91.00	0.00	0.00	0.00	117.88	0.00	0.00	1961.96	0.00	2079.84
92.00	0.00	0.00	0.00	235.72	0.00	0.00	2072.02	0.00	2307.74
93.00	0.00	0.00	0.00	353.44	0.00	0.00	2181.17	0.00	2534.61
94.00	0.00	0.00	0.00	471.02	0.00	0.00	2289.37	0.00	2760.39
95.00	0.00	0.00	0.00	588.38	0.00	0.00	2396.58	0.00	2984.96
96.00	0.00	0.00	0.00	705.49	0.00	0.00	2502.75	0.00	3208.24
97.00	0.00	0.00	0.00	822.28	0.00	0.00	2607.83	0.00	3430.11
98.00	0.00	0.00	0.00	938.71	0.00	0.00	2711.79	0.00	3650.50
99.00	0.00	0.00	0.00	1054.73	0.00	0.00	2814.58	0.00	3869.31
100.00	0.00	0.00	0.00	1170.28	0.00	0.00	2916.15	0.00	4086.43
101.00	0.00	0.00	0.00	1285.32	0.00	0.00	3016.47	0.00	4301.79
102.00	0.00	0.00	0.00	1399.79	0.00	0.00	3115.50	0.00	4515.29
103.00	0.00	0.00	0.00	1513.65	0.00	0.00	3213.20	0.00	4726.85
104.00	0.00	0.00	0.00	1626.85	0.00	0.00	3309.52	0.00	4936.37
105.00	0.00	0.00	0.00	1739.33	0.00	-4489.25	3404.44	0.00	654.52
106.00	0.00	0.00	0.00	1851.05	0.00	-8973.37	3497.91	0.00	-3624.41
107.00	0.00	0.00	0.00	1961.96	0.00	-13447.28	3589.90	0.00	-7895.42
108.00	0.00	0.00	0.00	2072.02	0.00	-17905.86	3680.37	0.00	-12153.47
109.00	0.00	0.00	0.00	2181.17	0.00	-22344.05	3769.29	0.00	-16393.59
110.00	0.00	0.00	0.00	2289.37	0.00	-26756.78	3856.63	0.00	-20610.78
111.00	0.00	0.00	0.00	2396.58	0.00	-31139.03	3942.36	0.00	-24800.09
112.00	0.00	0.00	0.00	2502.75	0.00	-35485.81	4026.43	0.00	-28956.63
113.00	0.00	0.00	0.00	2607.83	0.00	-39792.19	4108.84	0.00	-33075.52
114.00	0.00	0.00	0.00	2711.79	0.00	-44053.26	4189.53	0.00	-37151.94
115.00	0.00	0.00	0.00	2814.58	0.00	-48264.18	4268.50	0.00	-41181.10
116.00	0.00	0.00	0.00	2916.15	0.00	-52420.17	4345.71	0.00	-45158.31
117.00	0.00	0.00	0.00	3016.47	0.00	-56516.51	4421.13	0.00	-49078.91
118.00	0.00	0.00	0.00	3115.50	0.00	-60548.57	4494.75	0.00	-52938.32
119.00	0.00	0.00	0.00	3213.20	0.00	-64511.76	4211.03	0.00	-57087.53
120.00	0.00	0.00	0.00	3309.52	0.00	-68401.61	3929.33	0.00	-61162.76

sudut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torsi
121.00	0.00	0.00	0.00	3404.44	0.00	-23355.40	3647.81	-3957.88	-20161.03
122.00	0.00	0.00	0.00	3497.91	0.00	-23218.95	3366.47	-7711.42	-24065.99
123.00	0.00	0.00	0.00	3589.90	0.00	-23057.70	3085.29	-11556.27	-27998.78
124.00	0.00	0.00	0.00	3680.37	0.00	-22871.77	2804.26	-15388.27	-31775.41
125.00	0.00	0.00	0.00	3769.29	0.00	-22661.31	2523.39	-19202.61	-35571.24
126.00	0.00	0.00	0.00	3856.63	0.00	-22426.52	2242.65	-22995.49	-39322.73
127.00	0.00	0.00	0.00	3942.96	0.00	-22167.61	1962.04	-26762.48	-43025.69
128.00	0.00	0.00	0.00	4026.43	0.00	-21884.82	1681.53	-30499.34	-46676.20
129.00	0.00	0.00	0.00	4189.53	0.00	-21578.42	1401.13	-34201.87	-50189.63
130.00	0.00	0.00	0.00	4189.53	0.00	-21248.71	1120.80	-37865.91	-53804.29
131.00	0.00	0.00	0.00	4268.50	0.00	-20896.02	840.54	-41487.35	-57274.33
132.00	0.00	0.00	0.00	4345.71	0.00	-20520.70	560.33	-45062.12	-60676.78
133.00	0.00	0.00	0.00	4421.13	0.00	-20129.13	280.16	-48586.22	-64008.06
134.00	0.00	0.00	0.00	4494.75	0.00	-19703.72	0.00	-52055.69	-67264.66
135.00	0.00	0.00	0.00	4211.03	0.00	-19262.89	0.00	-55466.66	-70518.52
136.00	0.00	0.00	0.00	3929.33	0.00	-18801.12	0.00	-20618.42	-35490.21
137.00	0.00	0.00	0.00	3647.81	0.00	-18318.87	0.00	-20513.65	-35184.71
138.00	0.00	0.00	0.00	3366.47	0.00	-17816.66	0.00	-20386.31	-34836.50
139.00	0.00	0.00	0.00	3085.29	0.00	-17295.02	0.00	-20137.63	-34347.36
140.00	0.00	0.00	0.00	2804.26	0.00	-16754.49	0.00	-20067.70	-34017.93
141.00	0.00	0.00	0.00	2523.39	0.00	-16195.67	0.00	-19876.68	-33548.96
142.00	0.00	0.00	0.00	2242.65	0.00	-15619.13	0.00	-19664.71	-33041.19
143.00	0.00	0.00	0.00	1962.04	0.00	-15025.50	0.00	-19431.98	-32495.44
144.00	0.00	0.00	0.00	1681.53	0.00	-14415.43	0.00	-19178.72	-31912.62
145.00	0.00	0.00	0.00	1401.13	0.00	-13789.56	0.00	-18905.14	-31293.57
146.00	0.00	0.00	0.00	1120.80	0.00	-13148.57	0.00	-18611.52	-30639.29
147.00	0.00	0.00	0.00	840.54	0.00	-12493.17	0.00	-18298.12	-29950.75
148.00	0.00	0.00	0.00	560.33	0.00	-13006.05	0.00	-17965.27	-30410.99
149.00	0.00	0.00	0.00	280.16	0.00	-11141.95	0.00	-17613.28	-28475.07
150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-10447.61	0.00	-17242.51	-27690.12
151.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-9741.79	0.00	-16853.33	-26595.12
152.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-9025.26	0.00	-16021.35	-25046.61
153.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8298.81	0.00	-15579.40	-23878.21
154.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7563.22	0.00	-15120.74	-22683.96
155.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6819.31	0.00	-14155.22	-20974.53
156.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6067.90	0.00	-13645.85	-19713.75
157.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5309.81	0.00	-14155.22	-19465.03
158.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4545.86	0.00	-13649.38	-18195.24
159.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3776.91	0.00	-13128.85	-16905.76
160.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3003.80	0.00	-12594.18	-15597.98

zuduk	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total forsi
161.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-227.39	0.00	-12045.94	-14273.33
162.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1448.51	0.00	-11484.71	-12333.22
163.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-668.04	0.00	-10311.09	-11579.13
164.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-10325.62	-10325.62
165.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	117.88	0.00	-9729.12	-9611.24
166.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	235.72	0.00	-9122.05	-8886.33
167.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	353.44	0.00	-8305.11	-8151.67
168.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	471.02	0.00	-7487.96	-7407.94
169.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	588.38	0.00	-7244.29	-6653.91
170.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	705.49	0.00	-6601.76	-5896.29
171.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	822.28	0.00	-5852.11	-5124.89
172.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	938.71	0.00	-5396.00	-4357.29
173.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1054.73	0.00	-4834.14	-3579.41
174.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1170.28	0.00	-3967.27	-2796.99
175.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1285.32	0.00	-3296.09	-2010.77
176.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1399.79	0.00	-2621.33	-1221.54
177.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1513.65	0.00	-1843.74	-430.09
178.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1626.85	0.00	-1264.03	352.82
179.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1739.33	0.00	-82.96	1156.37
180.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1851.05	0.00	0.00	1851.05
181.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1961.96	0.00	117.88	2079.84
182.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2072.02	0.00	235.72	2307.74
183.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2181.17	0.00	323.44	2534.61
184.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2289.37	0.00	471.02	2760.39
185.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2396.58	0.00	588.38	2984.96
186.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2502.75	0.00	705.49	3208.24
187.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2607.63	0.00	822.28	3430.11
188.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2711.79	0.00	938.71	3650.50
189.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2814.58	0.00	1034.73	3864.31
190.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2916.15	0.00	1170.28	4036.43
191.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3016.47	0.00	1285.32	4301.79
192.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3115.20	0.00	1399.79	4515.29
193.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3213.20	0.00	1513.65	4726.85
194.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3309.52	0.00	1626.85	4936.37
195.00	0.00	-1489.25	0.00	0.00	0.00	3404.44	0.00	1739.33	654.52
196.00	0.00	-8973.37	0.00	0.00	0.00	3497.91	0.00	1851.05	-3624.41
197.00	0.00	-13447.28	0.00	0.00	0.00	3589.90	0.00	1961.96	-7893.42
198.00	0.00	-17905.66	0.00	0.00	0.00	3680.37	0.00	2072.02	-12153.47
199.00	0.00	-22344.05	0.00	0.00	0.00	3769.29	0.00	2181.17	-16393.59
200.00	0.00	-26756.78	0.00	0.00	0.00	3856.63	0.00	2289.37	-20610.78



studnt	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total term1
201.00	0.00	-31139.09	0.00	0.00	0.00	3942.36	0.00	2396.58	-24900.09
202.00	0.00	-35483.81	0.00	0.00	0.00	4026.43	0.00	2502.75	-35956.63
203.00	0.00	-39793.19	0.00	0.00	0.00	4108.84	0.00	2607.83	-39793.52
204.00	0.00	-44053.26	0.00	0.00	0.00	4189.33	0.00	2711.79	-44151.94
205.00	0.00	-48264.18	0.00	0.00	0.00	4268.90	0.00	2814.98	-48191.10
206.00	0.00	-52420.17	0.00	0.00	0.00	4345.71	0.00	2916.15	-52158.31
207.00	0.00	-56516.51	0.00	0.00	0.00	4421.13	0.00	3016.47	-56178.91
208.00	0.00	-60548.57	0.00	0.00	0.00	4494.75	0.00	3115.30	-60193.32
209.00	0.00	-64511.76	0.00	0.00	0.00	4561.02	0.00	3213.20	-64203.53
210.00	0.00	-68401.61	0.00	0.00	0.00	4629.33	0.00	3309.32	-68212.76
211.00	0.00	-72358.40	0.00	0.00	-3897.83	4697.81	0.00	3404.44	-72211.03
212.00	0.00	-76218.95	0.00	0.00	-7711.41	4766.47	0.00	3497.91	-76117.99
213.00	0.00	-80057.70	0.00	0.00	-11356.23	4835.25	0.00	3589.90	-80023.73
214.00	0.00	-83871.77	0.00	0.00	-15388.23	4904.26	0.00	3680.37	-83871.41
215.00	0.00	-87661.31	0.00	0.00	-19202.01	4973.39	0.00	3769.29	-87661.24
216.00	0.00	-91426.52	0.00	0.00	-22995.43	5042.65	0.00	3856.63	-91426.73
217.00	0.00	-95167.61	0.00	0.00	-26762.43	5112.04	0.00	3942.36	-95167.69
218.00	0.00	-98884.92	0.00	0.00	-30499.34	5181.53	0.00	4026.43	-98884.20
219.00	0.00	-102578.42	0.00	0.00	-34201.87	5251.13	0.00	4109.33	-102578.63
220.00	0.00	-106248.71	0.00	0.00	-37865.91	5320.80	0.00	4189.93	-106248.29
221.00	0.00	-109896.02	0.00	0.00	-41487.35	5390.34	0.00	4268.50	-109896.29
222.00	0.00	-113520.70	0.00	0.00	-45062.12	5459.33	0.00	4345.71	-113520.78
223.00	0.00	-117123.13	0.00	0.00	-48586.22	5528.16	0.00	4421.13	-117123.06
224.00	0.00	-120703.72	0.00	0.00	-52055.69	5596.75	0.00	4494.75	-120703.66
225.00	0.00	-124262.89	0.00	0.00	-55466.65	5665.00	0.00	4561.02	-124262.52
226.00	0.00	-127801.12	0.00	0.00	-58813.43	5733.33	0.00	4629.33	-127801.21
227.00	0.00	-131318.87	0.00	0.00	-62119.63	5801.81	0.00	4697.81	-131318.71
228.00	0.00	-134816.66	0.00	0.00	-65386.31	5870.47	0.00	4766.47	-134816.50
229.00	0.00	-138295.02	0.00	0.00	-68613.63	5939.29	0.00	4835.25	-138295.36
230.00	0.00	-141754.49	0.00	0.00	-71801.75	6008.33	0.00	4904.26	-141754.26
231.00	0.00	-145195.67	0.00	0.00	-75151.68	6077.50	0.00	4973.39	-145195.57
232.00	0.00	-148619.13	0.00	0.00	-78466.71	6146.81	0.00	5042.65	-148619.44
233.00	0.00	-152025.50	0.00	0.00	-81737.35	6216.13	0.00	5112.04	-152025.62
234.00	0.00	-155413.43	0.00	0.00	-85062.43	6285.53	0.00	5181.53	-155413.71
235.00	0.00	-158789.56	0.00	0.00	-88341.93	6355.00	0.00	5251.13	-158789.57
236.00	0.00	-162148.57	0.00	0.00	-91586.12	6420.80	0.00	5320.80	-162148.29
237.00	0.00	-165493.17	0.00	0.00	-94795.43	6486.81	0.00	5390.34	-165493.75
238.00	0.00	-168816.05	0.00	0.00	-97968.23	6552.04	0.00	5459.33	-168816.99
239.00	0.00	-172114.95	0.00	0.00	-101195.23	6617.50	0.00	5528.16	-172114.07
240.00	0.00	-10447.61	0.00	0.00	-12442.51	6683.33	0.00	5596.75	-10447.12

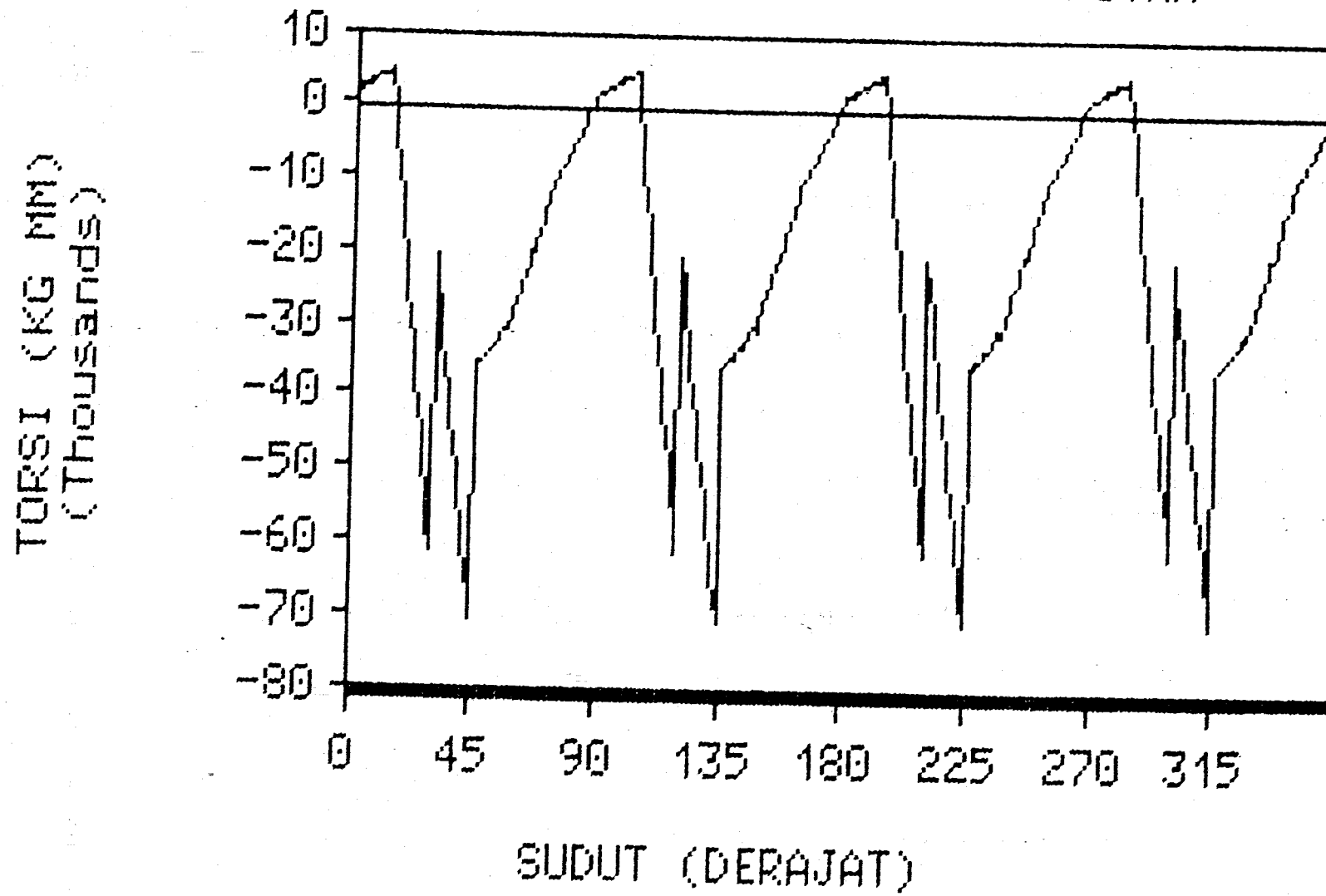
sudut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torsi
241.00	0.00	-9741.79	0.00	0.00	-16853.33	0.00	0.00	0.00	-26595.12
242.00	0.00	-9025.26	0.00	0.00	-16021.35	0.00	0.00	0.00	-25046.61
243.00	0.00	-8298.81	0.00	0.00	-15579.40	0.00	0.00	0.00	-23878.21
244.00	0.00	-7563.22	0.00	0.00	-15120.74	0.00	0.00	0.00	-22683.96
245.00	0.00	-6819.31	0.00	0.00	-14153.22	0.00	0.00	0.00	-20374.53
246.00	0.00	-6067.90	0.00	0.00	-13643.85	0.00	0.00	0.00	-19713.75
247.00	0.00	-5309.81	0.00	0.00	-14153.22	0.00	0.00	0.00	-19465.03
248.00	0.00	-4545.86	0.00	0.00	-13643.38	0.00	0.00	0.00	-18195.24
249.00	0.00	-3776.91	0.00	0.00	-13128.85	0.00	0.00	0.00	-16905.76
250.00	0.00	-3003.60	0.00	0.00	-12594.18	0.00	0.00	0.00	-15597.98
251.00	0.00	-2227.39	0.00	0.00	-12043.94	0.00	0.00	0.00	-14273.33
252.00	0.00	-1443.51	0.00	0.00	-11484.71	0.00	0.00	0.00	-12933.22
253.00	0.00	-663.04	0.00	0.00	-10911.09	0.00	0.00	0.00	-11579.13
254.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-10325.68	0.00	0.00	0.00	-10325.68
255.00	0.00	117.88	0.00	0.00	-9729.12	0.00	0.00	0.00	-9611.24
256.00	0.00	235.72	0.00	0.00	-9122.05	0.00	0.00	0.00	-8886.33
257.00	0.00	353.44	0.00	0.00	-8505.11	0.00	0.00	0.00	-8151.67
258.00	0.00	471.02	0.00	0.00	-7878.96	0.00	0.00	0.00	-7407.94
259.00	0.00	588.38	0.00	0.00	-7244.29	0.00	0.00	0.00	-6655.91
260.00	0.00	705.49	0.00	0.00	-6601.73	0.00	0.00	0.00	-5896.29
261.00	0.00	822.28	0.00	0.00	-5952.11	0.00	0.00	0.00	-5129.83
262.00	0.00	938.71	0.00	0.00	-5296.00	0.00	0.00	0.00	-4357.29
263.00	0.00	1054.73	0.00	0.00	-4634.14	0.00	0.00	0.00	-3579.41
264.00	0.00	1170.28	0.00	0.00	-3967.27	0.00	0.00	0.00	-2796.99
265.00	0.00	1285.32	0.00	0.00	-3296.09	0.00	0.00	0.00	-2010.77
266.00	0.00	1399.79	0.00	0.00	-2621.33	0.00	0.00	0.00	-1221.54
267.00	0.00	1513.65	0.00	0.00	-1943.74	0.00	0.00	0.00	-430.09
268.00	0.00	1626.85	0.00	0.00	-1264.03	0.00	0.00	0.00	362.82
269.00	0.00	1739.33	0.00	0.00	-582.96	0.00	0.00	0.00	1156.37
270.00	0.00	1851.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1851.05
271.00	0.00	1961.96	0.00	0.00	117.88	0.00	0.00	0.00	2079.84
272.00	0.00	2072.02	0.00	0.00	235.72	0.00	0.00	0.00	2307.74
273.00	0.00	2181.17	0.00	0.00	353.44	0.00	0.00	0.00	2534.61
274.00	0.00	2289.37	0.00	0.00	471.02	0.00	0.00	0.00	2760.39
275.00	0.00	2396.38	0.00	0.00	588.38	0.00	0.00	0.00	2984.96
276.00	0.00	2502.75	0.00	0.00	705.49	0.00	0.00	0.00	3208.24
277.00	0.00	2607.63	0.00	0.00	822.28	0.00	0.00	0.00	3430.11
278.00	0.00	2711.79	0.00	0.00	938.71	0.00	0.00	0.00	3650.50
279.00	0.00	2814.38	0.00	0.00	1054.73	0.00	0.00	0.00	3869.31
280.00	0.00	2916.15	0.00	0.00	1170.28	0.00	0.00	0.00	4086.43

studut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torzi
261.00	0.00	3016.47	0.00	0.00	1285.32	0.00	0.00	0.00	4301.79
262.00	0.00	3115.50	0.00	0.00	1399.79	0.00	0.00	0.00	4515.29
263.00	0.00	3213.20	0.00	0.00	1513.65	0.00	0.00	0.00	4726.85
264.00	0.00	3309.52	0.00	0.00	1626.88	0.00	0.00	0.00	4936.37
265.00	0.00	3404.44	-4489.25	0.00	1739.33	0.00	0.00	0.00	654.52
266.00	0.00	3497.91	-8973.37	0.00	1851.05	0.00	0.00	0.00	-3624.41
267.00	0.00	3589.90	-13447.26	0.00	1961.96	0.00	0.00	0.00	-7895.42
268.00	0.00	3680.37	-17905.86	0.00	2072.02	0.00	0.00	0.00	-12153.47
269.00	0.00	3769.29	-22344.05	0.00	2181.17	0.00	0.00	0.00	-16393.59
290.00	0.00	3856.63	-26756.78	0.00	2289.37	0.00	0.00	0.00	-20610.78
291.00	0.00	3942.36	-31139.03	0.00	2396.58	0.00	0.00	0.00	-24800.09
292.00	0.00	4026.43	-35485.81	0.00	2502.75	0.00	0.00	0.00	-28956.63
293.00	0.00	4108.84	-39792.19	0.00	2607.83	0.00	0.00	0.00	-33075.52
294.00	0.00	4189.53	-44053.26	0.00	2711.79	0.00	0.00	0.00	-37151.94
295.00	0.00	4268.50	-48264.18	0.00	2814.58	0.00	0.00	0.00	-41181.10
296.00	0.00	4345.71	-52420.17	0.00	2916.15	0.00	0.00	0.00	-45159.31
297.00	0.00	4421.13	-56516.51	0.00	3016.47	0.00	0.00	0.00	-49078.91
298.00	0.00	4494.75	-60549.57	0.00	3115.50	0.00	0.00	0.00	-52938.32
299.00	0.00	4211.03	-64511.76	0.00	3213.20	0.00	0.00	0.00	-57087.53
300.00	0.00	3929.33	-68401.61	0.00	3309.52	0.00	0.00	0.00	-61162.76
301.00	-3857.88	3647.81	-23955.40	0.00	3404.44	0.00	0.00	0.00	-20161.03
302.00	-7711.42	3366.47	-23218.95	0.00	3497.91	0.00	0.00	0.00	-24063.99
303.00	-11556.27	3085.29	-23057.70	0.00	3589.90	0.00	0.00	0.00	-27938.78
304.00	-15388.27	2804.26	-22871.77	0.00	3680.37	0.00	0.00	0.00	-31775.41
305.00	-19202.61	2523.39	-22661.31	0.00	3769.29	0.00	0.00	0.00	-35571.24
306.00	-22995.49	2242.65	-22426.52	0.00	3856.63	0.00	0.00	0.00	-39322.73
307.00	-26762.48	1962.04	-22167.61	0.00	3942.36	0.00	0.00	0.00	-43025.69
308.00	-30499.34	1681.53	-21884.82	0.00	4026.43	0.00	0.00	0.00	-46676.20
309.00	-34201.87	1401.13	-21578.42	0.00	4108.84	0.00	0.00	0.00	-50184.63
310.00	-37865.91	1120.80	-21248.71	0.00	4189.53	0.00	0.00	0.00	-53604.29
311.00	-41487.35	840.54	-20896.02	0.00	4268.50	0.00	0.00	0.00	-57274.33
312.00	-45062.12	560.33	-20520.70	0.00	4345.71	0.00	0.00	0.00	-60676.78
313.00	-48586.22	280.16	-20123.13	0.00	4421.13	0.00	0.00	0.00	-64008.06
314.00	-52053.69	0.00	-19703.72	0.00	4494.75	0.00	0.00	0.00	-67264.66
315.00	-55466.66	0.00	-19262.89	0.00	4211.03	0.00	0.00	0.00	-70518.52
316.00	-20618.42	0.00	-18801.12	0.00	3929.33	0.00	0.00	0.00	-35490.21
317.00	-20513.65	0.00	-18318.87	0.00	3647.81	0.00	0.00	0.00	-35184.71
318.00	-20386.31	0.00	-17816.66	0.00	3366.47	0.00	0.00	0.00	-34836.50
319.00	-20137.63	0.00	-17295.02	0.00	3085.29	0.00	0.00	0.00	-34347.36
320.00	-20067.70	0.00	-16734.49	0.00	2804.26	0.00	0.00	0.00	-34017.93

sudut	cam 1	cam 2	cam 3	cam 4	cam 5	cam 6	cam 7	cam 8	total torzi
321.00	-19876.68	0.00	-16195.61	2523.39	0.00	0.00	0.00	0.00	-33348.96
322.00	-19664.71	0.00	-15619.13	2242.65	0.00	0.00	0.00	0.00	-33041.19
323.00	-19431.98	0.00	-15025.50	1962.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-32495.44
324.00	-19178.72	0.00	-14415.43	1681.53	0.00	0.00	0.00	0.00	-31912.62
325.00	-18905.14	0.00	-13789.56	1401.13	0.00	0.00	0.00	0.00	-31293.97
326.00	-18611.52	0.00	-13148.57	1120.80	0.00	0.00	0.00	0.00	-30639.29
327.00	-18298.12	0.00	-12493.17	840.54	0.00	0.00	0.00	0.00	-29950.75
328.00	-17965.27	0.00	-11806.05	560.33	0.00	0.00	0.00	0.00	-30410.99
329.00	-17613.28	0.00	-11141.95	280.16	0.00	0.00	0.00	0.00	-28475.07
330.00	-17242.51	0.00	-10447.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-27690.12
331.00	-16853.33	0.00	-9741.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-26895.12
332.00	-16021.35	0.00	-9025.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-25046.61
333.00	-15579.40	0.00	-8298.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-23878.21
334.00	-15120.74	0.00	-7563.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-22683.96
335.00	-14155.22	0.00	-6819.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-20974.93
336.00	-13645.85	0.00	-6067.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-19713.75
337.00	-14155.22	0.00	-5309.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-19465.03
338.00	-13649.36	0.00	-4545.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-18195.24
339.00	-13128.85	0.00	-3776.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-16905.76
340.00	-12594.18	0.00	-3003.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-15597.98
341.00	-12045.94	0.00	-2227.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-14273.33
342.00	-11484.71	0.00	-1448.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-12933.22
343.00	-10911.09	0.00	-668.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-11579.13
344.00	-10325.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-10325.68
345.00	-9729.12	0.00	117.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-9611.24
346.00	-9122.05	0.00	295.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8886.33
347.00	-8505.11	0.00	353.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8151.67
348.00	-7878.96	0.00	471.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7407.94
349.00	-7244.29	0.00	588.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6655.91
350.00	-6601.78	0.00	705.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5896.29
351.00	-5952.11	0.00	822.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5129.83
352.00	-5296.00	0.00	938.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4357.29
353.00	-4634.14	0.00	1054.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3579.41
354.00	-3967.27	0.00	1170.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2796.99
355.00	-3296.03	0.00	1285.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2010.77
356.00	-2621.33	0.00	1399.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1221.54
357.00	-1943.74	0.00	1513.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-430.09
358.00	-1264.03	0.00	1626.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	362.82
359.00	-582.96	0.00	1739.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1156.37

rata-rata = -21497.02

GRAFIK  
RESULTAN TORSI VS SUDUT PUTAR

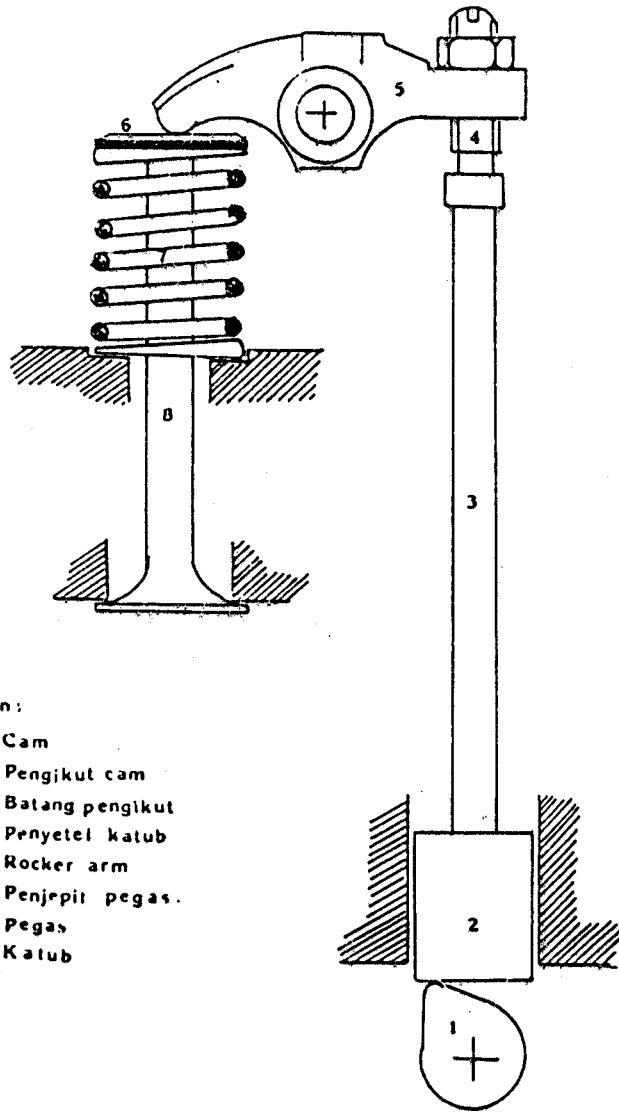


LAMPIRAN

PENGUKURAN DIMENSI CAMSHAFT

MOTOR DIESEL DAIHATSU TYPE DG

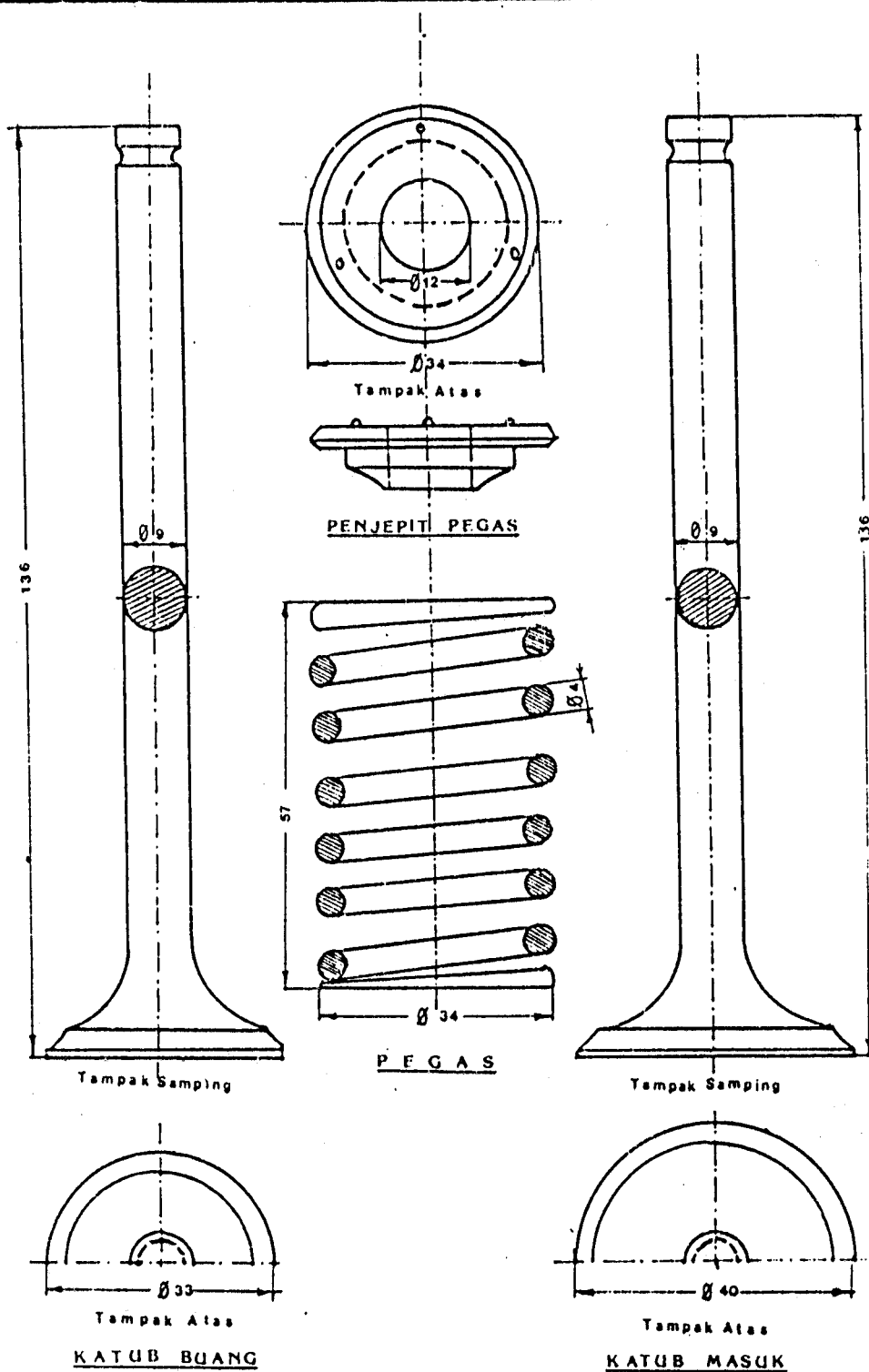
DI LAB. PERMESINAN KAPAL FTK ITS



Keterangan :

1. Cam
2. Pengikut cam
3. Batang pengikut
4. Penyetel katub
5. Rocker arm
6. Penjepit pegas.
7. Pegas
8. Katub

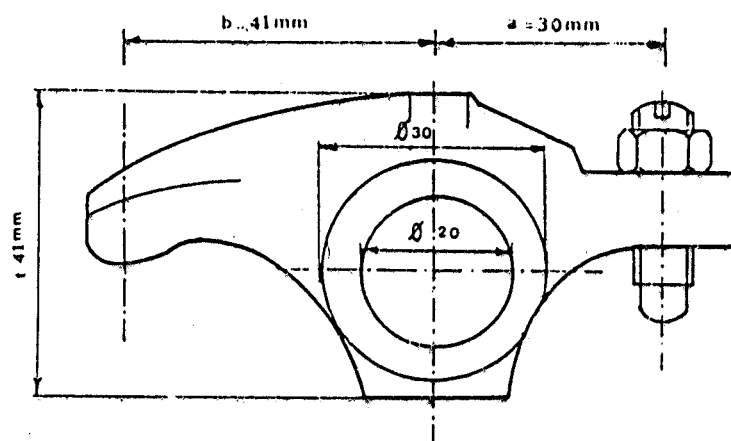
## MEKANISME CAM



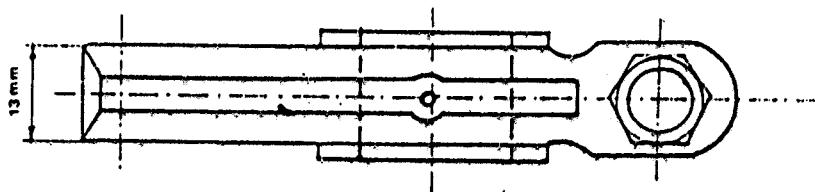
Skala 1:1

## DIMENSI UNIT KATUB





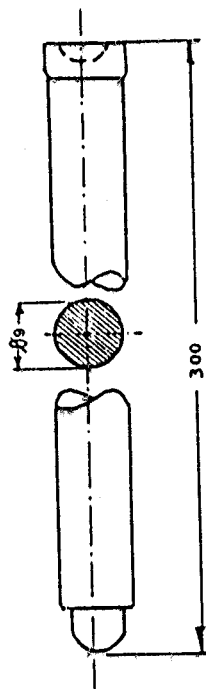
Pandangan Samping



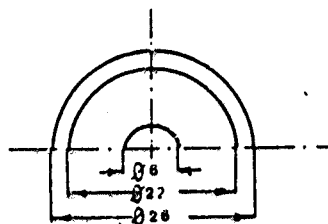
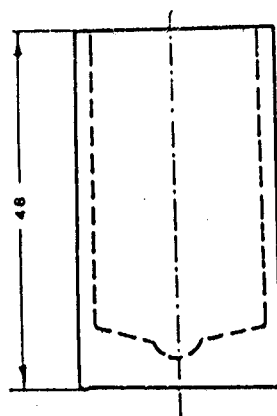
Pandangan Atas

Skala 1:1.

## DIMENSI ROCKER ARM



BATANG DORONG



PENGIKUT CAM

Skala 1:1

## DIMENSI FOLLOWER

## SPESIFIKASI UMUM MESIN

Item			Engine Type	DL-41 (DELTA)	DL-42 (TAFT)	DL-51 (TAFT) Turb
Total displacement			cc	2,765	2,765	2,765
Classification				Diesel, 4 cycle	Diesel, 4 cycle	Diesel, 4 cycle
Cylinder No. and arrangement				4 cylinder in-line, mounted longitudinally	4 cylinder in-line, mounted longitudinally	4 cylinder in-line, mounted longitudinally
Valve mechanism				Overhead valve, gear-driven	Overhead valve, belt-driven	Overhead valve, belt-driven
Combustion chamber type				Swirl chamber type	Swirl chamber type	Swirl chamber type
Bore x Stroke			mm	92 x 104	92 x 104	92 x 104
Compression ratio				21.2 ± 0.3	21.2 ± 0.3	21.2 ± 0.3
Intake and exhaust layout				Counter flow	Counter flow	Counter flow
Maximum output (SAE NET)			Kw/r.p.m	56/3800	56/3800	67/3400
Maximum torque (SAE NET)			Nm/r.p.m	170/2200	170/2200	223/2200
Maximum output (DIN)			Kw/r.p.m		54/3800	67/3400
Maximum torque (DIN)			Nm/r.p.m		170/2200	223/2200
Injection order				1-3-4-2	1-3-4-2	1-3-4-2
Valve Timing	Intake	Open		25° B.T.D.C	25° B.T.D.C	25° B.T.D.C
		Close		55° A.B.D.C	55° A.B.D.C	55° A.B.D.C
	Exhaust	Open		60° B.B.D.C	60° B.B.D.C	60° B.B.D.C
		Close		20° A.T.D.C	20° A.T.D.C	20° A.T.D.C
Fuel				Light oil	Light oil	Light oil
Glow plug	Type			Sheathed type	Sheathed type	Sheathed type
	Voltage current (V/A)			8.5 [7.0]-9.0 [8.5]	8.5 [7.0]-9.0 [8.5]	7.0-8.5
	Specified value			32-250 (455.1-250)	32-250 (455.1-250)	32-250 (455.1-250)
Compression pressure kg/cm <sup>2</sup> (psi) (rpm)			Limit	22-250 (312.9-250)	22-250 (312.9-250)	22-250 (312.9-250)
			Difference between cylinders	2 (28.4)	2 (28.4)	2 (28.4)
Valve clearance	IN	Hot		0.25 (0.0098)	0.25 (0.0098)	0.25 (0.0098)
		Cold		0.30 (0.0120)	0.30 (0.0120)	0.30 (0.0120)
	EX	Hot		0.25 (0.0098)	0.25 (0.0098)	0.35 (0.0138)
		Cold		0.30 (0.0120)	0.30 (0.0120)	0.40 (0.0157)
Engine idle speed			rpm	650 ± 25	650 ± 25	650 ± 25
Injection timing			B.T.D.C	1° (°3')	1° (°3')	1° (°3')
Injection pressure			kg/cm <sup>2</sup> (psi)	110 ± 5 (1564 ± 71)	110 ± 5 (1564 ± 71)	110 ± 5 (1564 ± 71)
Radiator cap valve opening pressure kg/cm <sup>2</sup> (psi)	Specified value			0.9 (12.8)	0.9 (12.8)	0.9 (12.8)
	Limit			0.6 (8.5)	0.6 (8.5)	0.6 (8.5)
Pressure for checking water leakage			kg/cm <sup>2</sup>	1.5 (21.3)	1.5 (21.3)	1.5 (21.3)
Deflection of V belt [with a force of 10kg (22lb) applied]			mm (inch)	10-13 (0.397-0.512)	10-13 (0.397-0.512)	10-13 (0.397-0.512)
Lubrication oil capacity	liter	Total		6.4	6.4	6.4
Cooling water capacity	liter	Total		11.0	11.0	11.0
		Reserve tank		1.0	1.0	1.0
Anti-freeze solution diluting amount liter		-10°C		2.4	2.0	2.0
		-20°C		3.4	2.7	2.7
		-35°C		4.8	4.5	4.5
Battery specific gravity			95E41R	1.25-1.27	1.25-1.27	1.25-1.27

## MEKANISME MESIN

6. **Pemeriksaan saat injeksi**  
Lakukan pemeriksaan saat injeksi kembali dan pastikan saat injeksi sudah sempurna.

6. **Keraskan baut pembagi**  
Sewaktu menyetel saat injeksi, pastikan pompa injeksi ditarik kearah anda, apakah menyetel saat injeksi didorong ke arah block mesin, saat injeksi akan diperlambat

Momen pengerasan : 1,7 Kgm

### PERHATIKAN :

Ganti ring tembaga baut pembagi dengan yang baru.

## Tekanan Kompresi

Pengukuran Tekanan Kompresi

1. Panaskan mesin
2. Lepaskan semua busi pijar
3. Pasang alat ukur ke lobang busi pijar

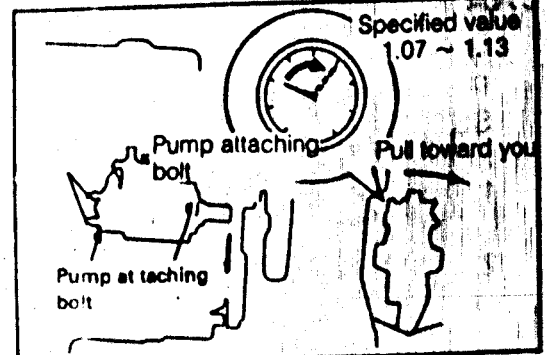
4. Dengan menginjak pedal gas penuh, starter mesin.

5. Putar mesin 250 rpm

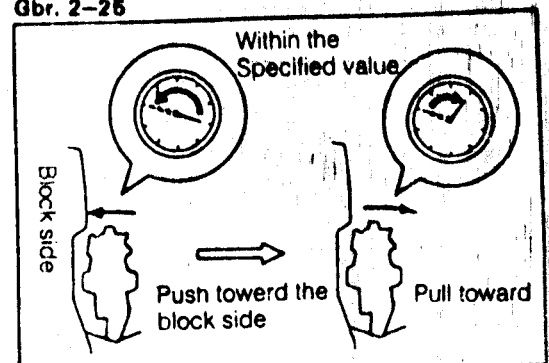
Tekanan kompresi :

STD 32 KG/cm

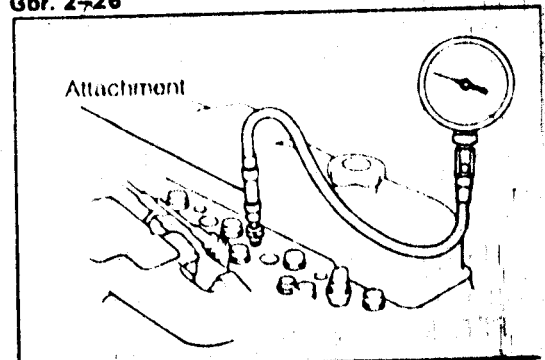
Batas 22 Kg/cm



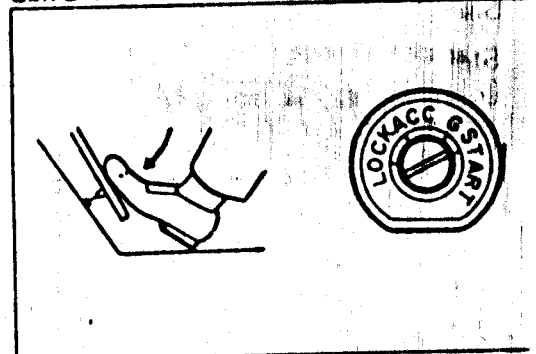
Gbr. 2-25



Gbr. 2-26



Gbr. 2-27



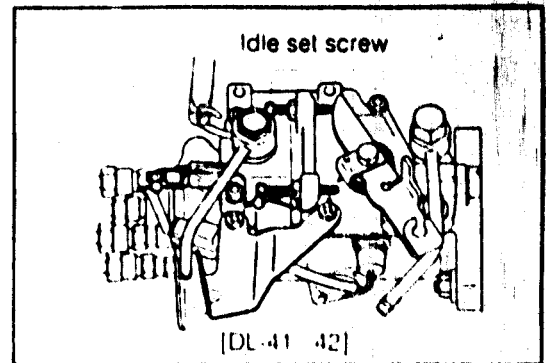
Gbr. 2-18

## PUTARAN IDLE

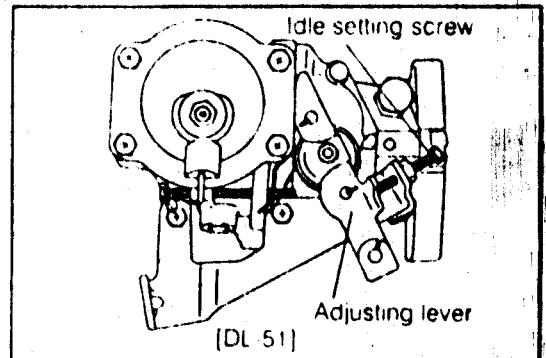
Menyetel putaran idle:

1. Panaskan mesin
2. Ukur putaran idle
3. Stel putaran idle dengan memutar baut penyetel putaran idle

Spesifikasi putaran idle  $650 \pm 25$  rpm



Gbr. 2-29



Gbr. 2-30

## PUTARAN MAXIMUM MESIN TANPA BEBAN

Stel putaran maximum mesin tanpa beban.

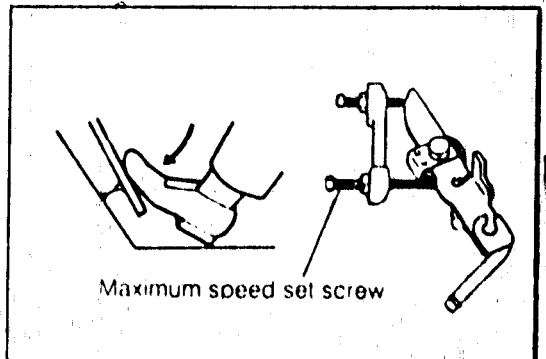
1. Tekan pedal gas sampai habis
2. Ukur putaran mesin maximum sewaktu venturi terbuka penuh yang disebabkan oleh pedal gas.

Spesifikasi putaran maximum,

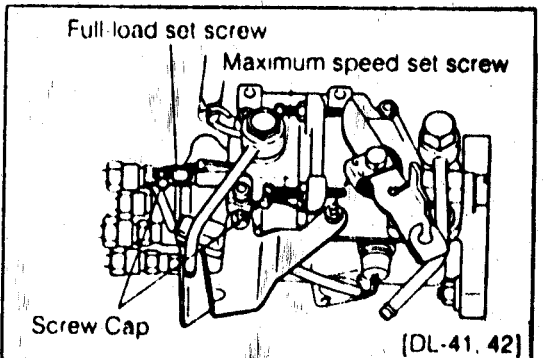
DL 41 - 41 4.500 rpm

DL 51 4.500 rpm

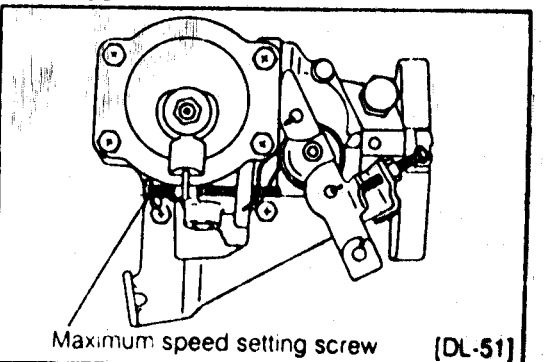
3. Stel putaran maximum tanpa beban dengan jalan memutar baut penyetel



Gbr. 2-31



Gbr. 2-32



Gbr. 2-33